

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

I SIMPOSIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PRUEBAS ELÉCTRICAS DE EQUIPOS DE ALTA TENSIÓN

29 DE OCTUBRE DE 2009

Ing. Edson Cueto

SIMPOSIUM DE INGENIERÍA ELÉCTRICA – PRUEBAS ELÉCTRICAS DE EQUIPOS DE ALTA TENSIÓN

Elaborado por Edson Cueto

PRUEBAS ELÉCTRICAS DE EQUIPOS DE ALTA Tensión



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN



2.- DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE PATIO DE LLAVES



3.- PRUEBAS ELÉCTRICAS DE EQUIPOS DE PATIO

1. INTRODUCCIÓN

Objetivo :

Las Pruebas de equipos tienen por objetivo verificar su condición para garantizar su operatividad.

Tipos :

- Pruebas de Fábrica (Pruebas de Rutina, Pruebas Tipo, Pruebas Especiales)
- Pruebas de Aceptación
- Pruebas de Mantenimiento
- Pruebas por falla

Métodos :

- Según el tipo de señal inyectado;
Pruebas en corriente continua
Pruebas en corriente alterna
- Según la intensidad de la señal;
Pruebas destructivas
Pruebas no destructivas



2. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE PATIO

2.1 Transformadores de Potencia



2.2 Interruptores



2.3 Transformadores de Corriente



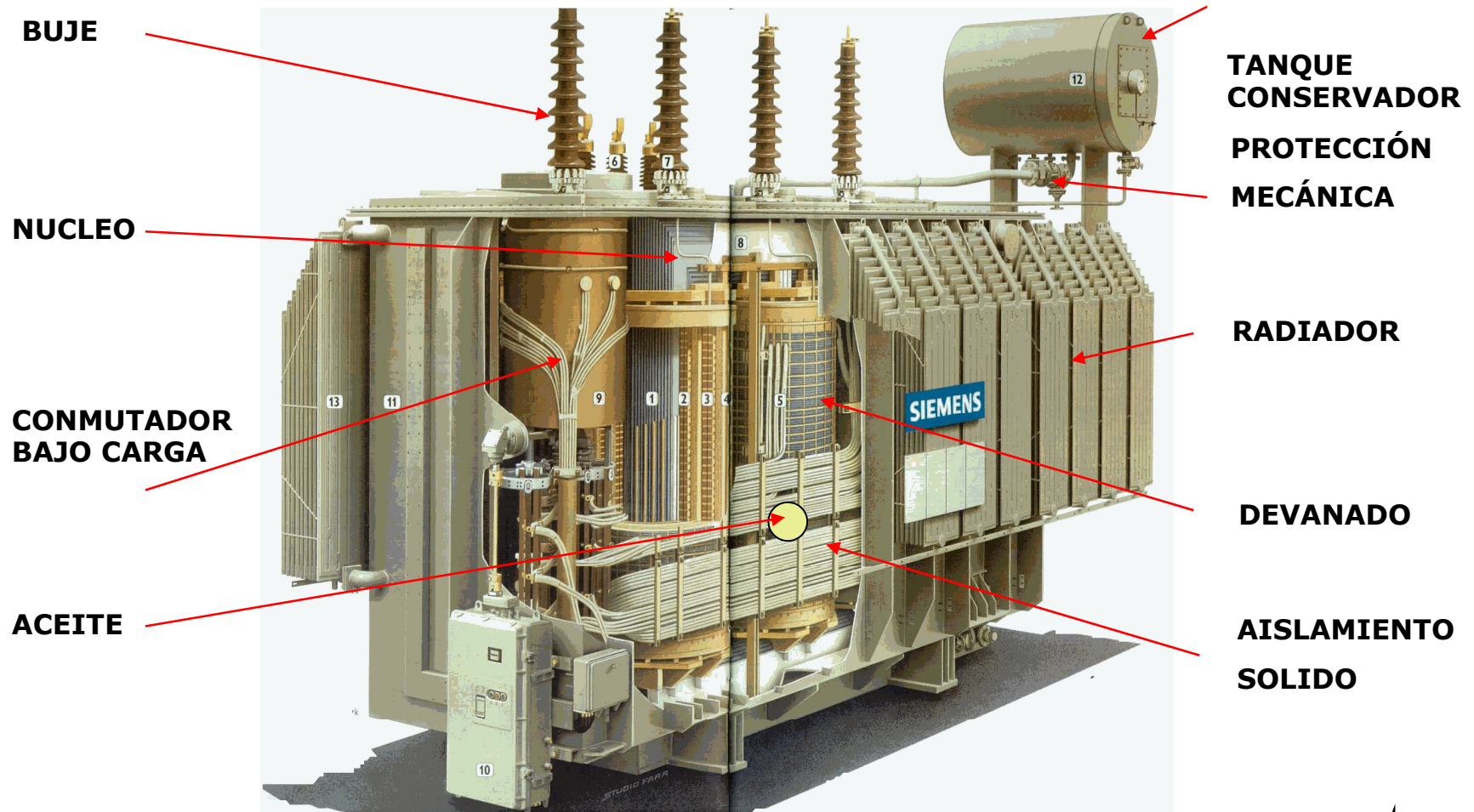
2.4 Transformadores de Tensión



2.5 Pararrayos



2.1 Transformador de Potencia



2.1 Transformador de Potencia

Datos de Placa de Transformador

ETECEN 001576

BBC BROWN BOVERI **Brown Boveri Industrial Cneps Tabini S.A.**

TRANSFORMADOR TRIFASICO CON CONMUTADOR BAJO CARGA

N L	30 359	Arrollamiento	AT 230/550 BIL	Fases	3	Frec.	60 Hz.
	ONAN/ONAF-1/ONAF-2	Neutro	AT 34/95 BIL	Tipo	TD2LF		
MVA	AT 10,0/13,3/16,7	Arrollamiento	BT 34/95 BIL	Norma	IEC/CAN3-C88-M79		
	BT	Enfriamiento	ONAN/ONAF1/ONAF2	Año de Fab.	1986		
Volt	AT 138000	Calentamiento	60/65 C				
	BT 10500	Aislamiento	Clase A				
Ampere	AT 41,8/55,6/69,9	Altitud	1000 m.s.n.m.				
	BT 548,9/731,3/918,3	Aceite	PURAMIN AD-66				
T.c.c.	Pos. 1 Pos. 5 Pos. 27	Vol. Aceite	11 945 Lt.	Parte Activa	15 880 Kg.		
ONAN	16,0 15,3 13,2 %	Peso Total	35 850 Kg.				

• Tanque previsto para operar bajo vacío • Bobinas de cobre

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE				RELACION DE TRANSFORMACION EN VACÍO			
Terminal	Relación	VA	Clase	ALTA TENSION: H0, H1, H2, H3			BT: X1, X2, X3
X1 - X4	600/1A	100	2,5 L 2000	Volt	Ampere	Conmutador Bajo Carga	Volt
X1 - X3	400/1A						
X1 - X2	100/1A						



2.1 Transformador de Potencia

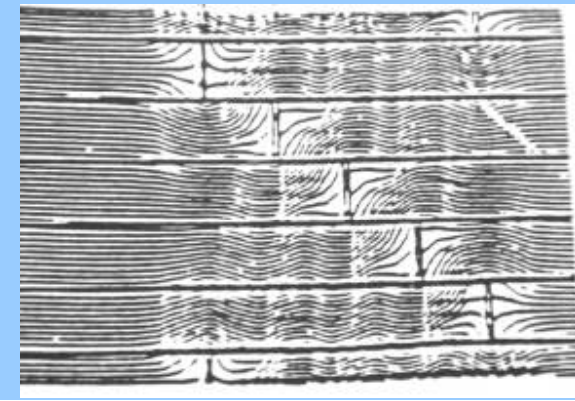
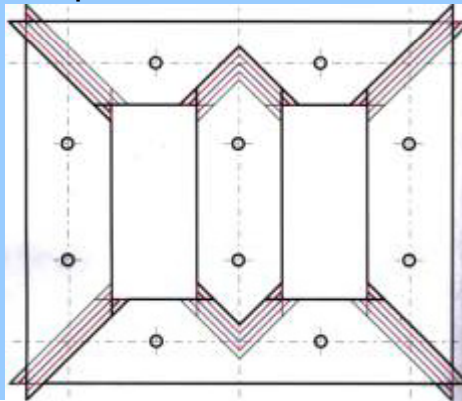
Definiciones:

NUCLEO

Componentes : Conformado por láminas delgadas de acero magnético al silicio, de grano orientado laminado en frío con aislamiento inorgánico en ambas caras. Dichas láminas son aseguradas por una estructura de prensado que reducen las vibraciones, ruidos y sobrecalentamientos.

Función : Guiar el flujo magnético creado por las corrientes que circulan en los devanados y permite el acople magnético entre los devanados primario y secundario.

Pérdidas sin Carga : el núcleo por ser de un material conductor (ferromagnético) y estar sometido a flujos alternos se generan en él corrientes circulantes (corrientes de Foucault) que originan las pérdidas sin carga (Pérdidas en el núcleo). Con el fin de reducir éstas pérdidas, en el núcleo se utilizan láminas muy delgadas con espesores de 0.2 a 0.3 mm con aislamiento a ambos lados, asimismo el corte de la lámina es hecha a 45° para no alterar el camino del flujo y son apiladas de manera conveniente.



2.1 Transformador de Potencia



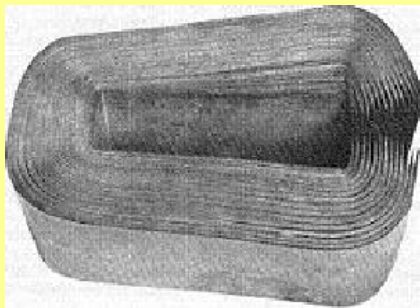
Tipos de núcleo :

NUCLEO

- **Acorazado (Shell)** : los devanados de baja y alta tensión se colocan en la columna central. Utilizados generalmente en diseños monofásicos.



- **No acorazado (Core)** : es aquel en donde los devanados de baja y alta tensión rodean cada columna. Utilizados generalmente en diseños trifásicos.



- **Wescor ó de núcleo enrollado:** se construye a partir de cortar laminaciones continuas, formando una espiral sobre un molde cuya sección transversal se conoce también como núcleo enrollado,

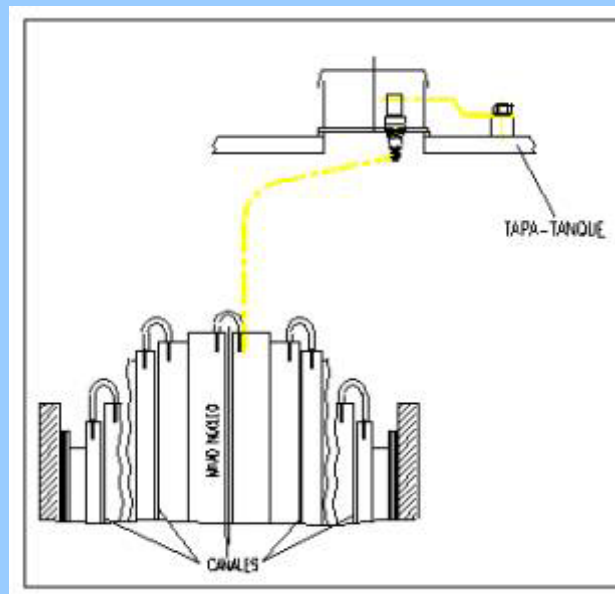


2.1 Transformador de Potencia

NUCLEO

Aterramiento del núcleo

Todas las partes metálicas del transformador de potencia son conectadas a tierra para colocarlas a un mismo potencial "cero", el caso del núcleo no es la excepción, caso contrario podrían inducirse voltajes que alterarían los valores de medida no obstante es necesario verificar que no se generen circuitos cerrados para no obtener corrientes inducidas elevadas. Los grupos de láminas, separadas por los canales de refrigeración, son conectadas entre si y éstas a su vez a la cuba del transformador.



2.1 Transformador de Potencia

Láminas de acero al silicio



2.1 Transformador de Potencia

Láminas en mesa para ensamble



2.1 Transformador de Potencia

Láminas prensadas



2.1 Transformador de Potencia

Láminas prensadas con aplicación de barniz



2.1 Transformador de Potencia

Definiciones:

DEVANADO

Material : Los conductores suelen ser de Cu electrolítico de alta pureza y fabricados con secciones redondas, rectangulares, barras ó flejes; presentan la mejor conductividad después del oro y la plata. Estos conductores son aislados en papel de alta rigidez dieléctrica, resistente a altas temperaturas y de buena operación inmerso en aceite. No obstante algunos diseños consideran el uso del Aluminio.

Función : Los devanados del transformador de potencia, acoplados magneticamente a través del núcleo, hacen posible la transformación de tensiones y corrientes de un circuito a otro.

Pérdidas con Carga : Es el que se produce por el efecto Joule.



2.1 Transformador de Potencia

DEVANADO

Tipos :



- **Devanado de Baja tensión** : Se coloca sobre la columna del núcleo. Este devanado, emplea cobre ó aluminio (baja resistividad), se fabrican con cinta rectangular de cobre y alambre magneto con aislamiento de barniz, forro de papel y cinta de algodón. La bobina es cilíndrica de una ó dos secciones y consta de una ó varias capas con determinado número de espiras según el voltaje de operación.
- **Devanado de Alta tensión** : Se coloca sobre la bobina de baja tensión. La bobina es del tipo dona ó paquete consta de varias capas siendo la última **la bobina de regulación**. La separación entre bobinas se hace colocando separadores de cartón (tacones), alineados verticalmente para evitar la deformación de las bobinas por los esfuerzos eléctrico, formando ductos de refrigeración radial.



2.1 Transformador de Potencia

Proceso de Bobinado – Posición Horizontal



2.1 Transformador de Potencia

**Tiras de Bakelita, papel Kraft y carton
para canales de refrigeración**



2.1 Transformador de Potencia

Bobinado culminado



2.1 Transformador de Potencia

Instalación de Bobina en núcleo



2.1 Transformador de Potencia

AISLAMIENTO SÓLIDO

Componentes: Son elementos de alta rigidez dieléctrica posibles de trabajar inmersos en aceite a altas temperaturas. Se utiliza los siguientes componentes:

- Papel como el Kraft que recubre al devanado
- Carton prensado como el Pressspan utilizado como separadores entre devanados y como barreras entre devanados, yugos y tierra
- Madera como soporte mecánico de las bobinas contra las prensas y nucleo.
- Accesorios, Pernos de bakelita, anillos preformados, etc.

De todos, el papel Kraft que recubre al devanado es el mas importante ya que determina la vida útil del transformador. Se encuentra formado por cadenas celulósicas y que impregnada en aceite constituyen el mas fuerte sistema aislante eléctrico-mecánico conocido. Existe papel aislante híbrido (papel + NOMEX), el cual tiene mayor resistencia a las temperaturas incrementando la expectativa de vida del transformador.

Funciones:

- Soporta stress mecánico y eléctrico
- Medio de transferencia de calor
- Medio aislante



2.1 Transformador de Potencia

AISLAMIENTO SÓLIDO

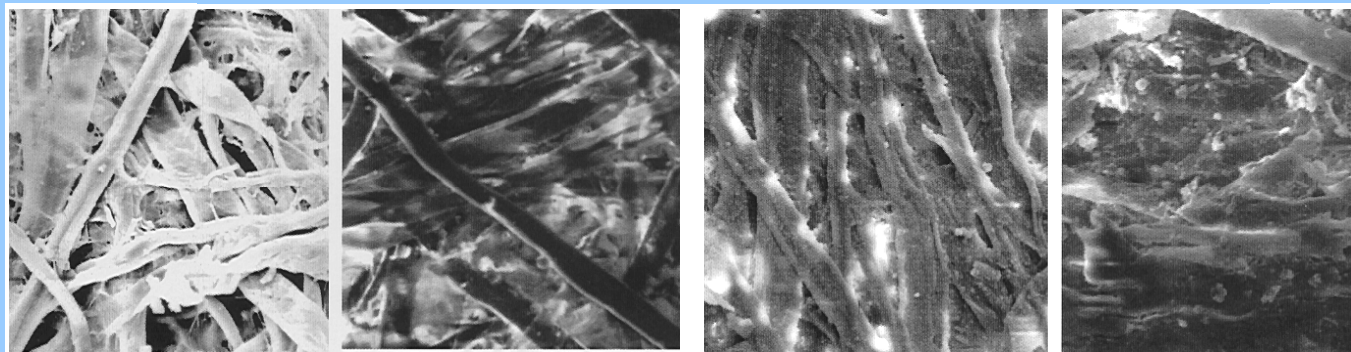
Envejecimiento del papel :

La vida del transformador es la vida del papel aislante ya que el aceite puede regenerarse mientras que el papel no. El Oxígeno + Temperatura + Humedad, producen el envejecimiento del papel produciendo la rotura de las cadenas celulósicas lo que hace que el papel sea quebradizo disminuyendo su resistencia mecánica y su capacidad para soportar esfuerzos mecánicos producidos por las corrientes de cortocircuito. El envejecimiento del papel se puede determinar por:

Contenido de Furanos (2AFL); son elementos de la degradación de la celulosa que se disuelve en el aceite aislante. De ésta degradación se generan 05 compuestos de furanos siendo el principal compuesto el 2AFL (2-Fulfural ó 2-Furaldehyde) y se mide en ppm por medio de una cromatografía líquida.

Grado de Polimerización (GP); que es una medida de la longitud de la cadena de la celulosa para el cual se requiere una muestra del papel tomada del transformador.

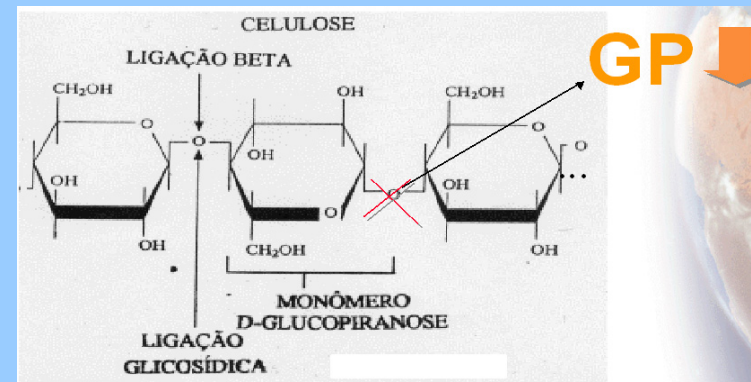
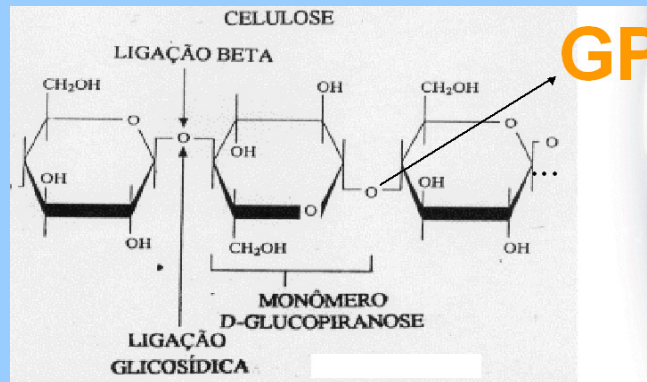
Proceso de envejecimiento de la celulosa



2.1 Transformador de Potencia

AISLAMIENTO SÓLIDO

Envejecimiento del papel :



Muestras de papel ó testigos

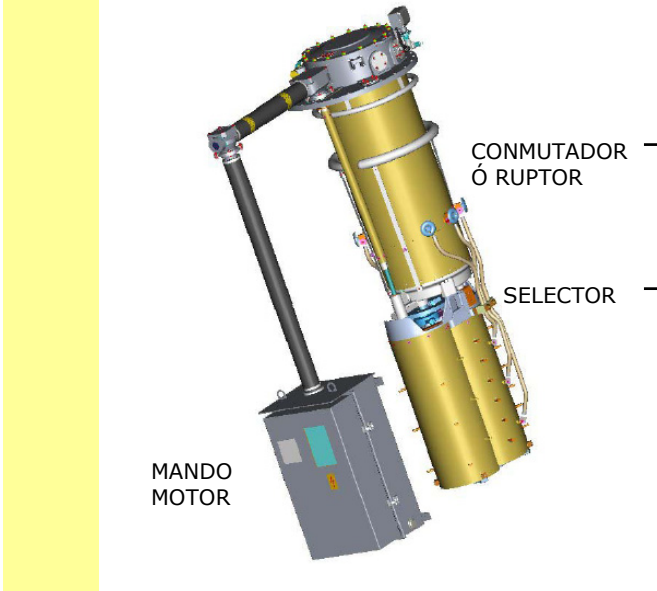
Transformador nuevo
 $2FAL \leq 0,001$
($1000 \leq PD \leq 1200$)

Próximo fin de vida
 $2FAL 10 - 15$
($100 \leq PD \leq 200$)



2.1 Transformador de Potencia

CONMUTADOR DE TOMAS BAJO CARGA

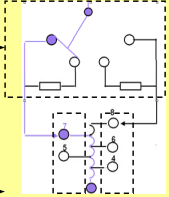
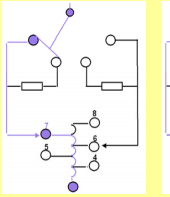
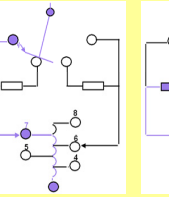
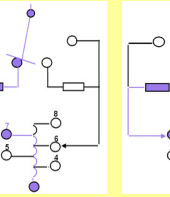
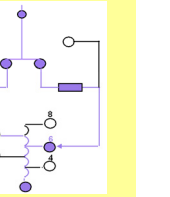
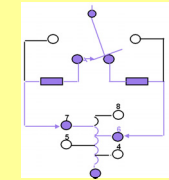
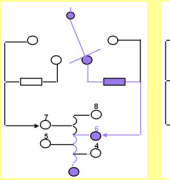
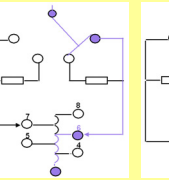
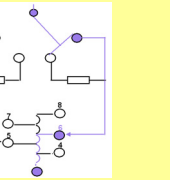


CONMUTADOR O RUPTOR

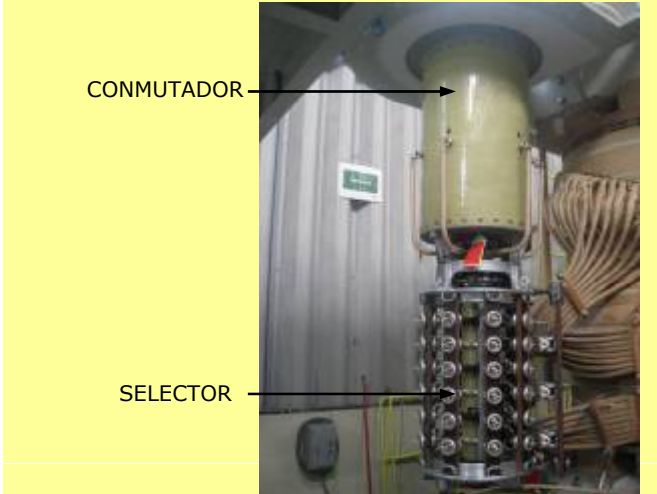
SELECTOR

MANDO MOTOR

Secuencia de cambio de tap 7 al 6

1	2	3	4	5
				
6	7	8	9	
				

El cambiador de tomas en carga se encuentra dentro de la cuba del transformador y está formado por dos secciones separadas, el **conmutador**, que tiene su propio recinto en aceite, y el **selector** de tomas que comparte el aceite con la cuba del transformador, operados por el **mando motor** por medio de ejes y engranajes cónicos. El selector de tomas está montado debajo del recinto del conmutador y la unidad completa está suspendida de la tapa del transformador.



CONMUTADOR

SELECTOR



2.1 Transformador de Potencia

Retiro de aceite del tanque del conmutador



2.1 Transformador de Potencia

Retiro de la tapa del conmutador



2.1 Transformador de Potencia

Retiro del Ruptor



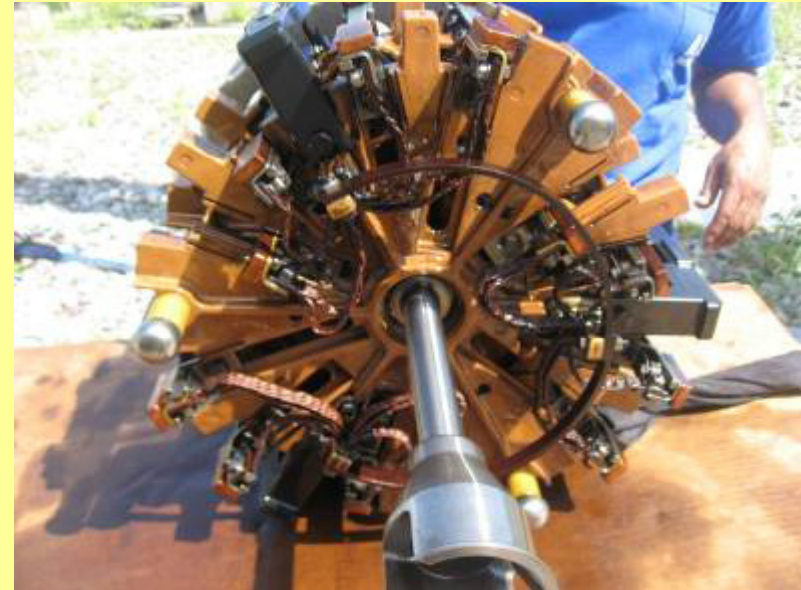
2.1 Transformador de Potencia

Cuba del Ruptor



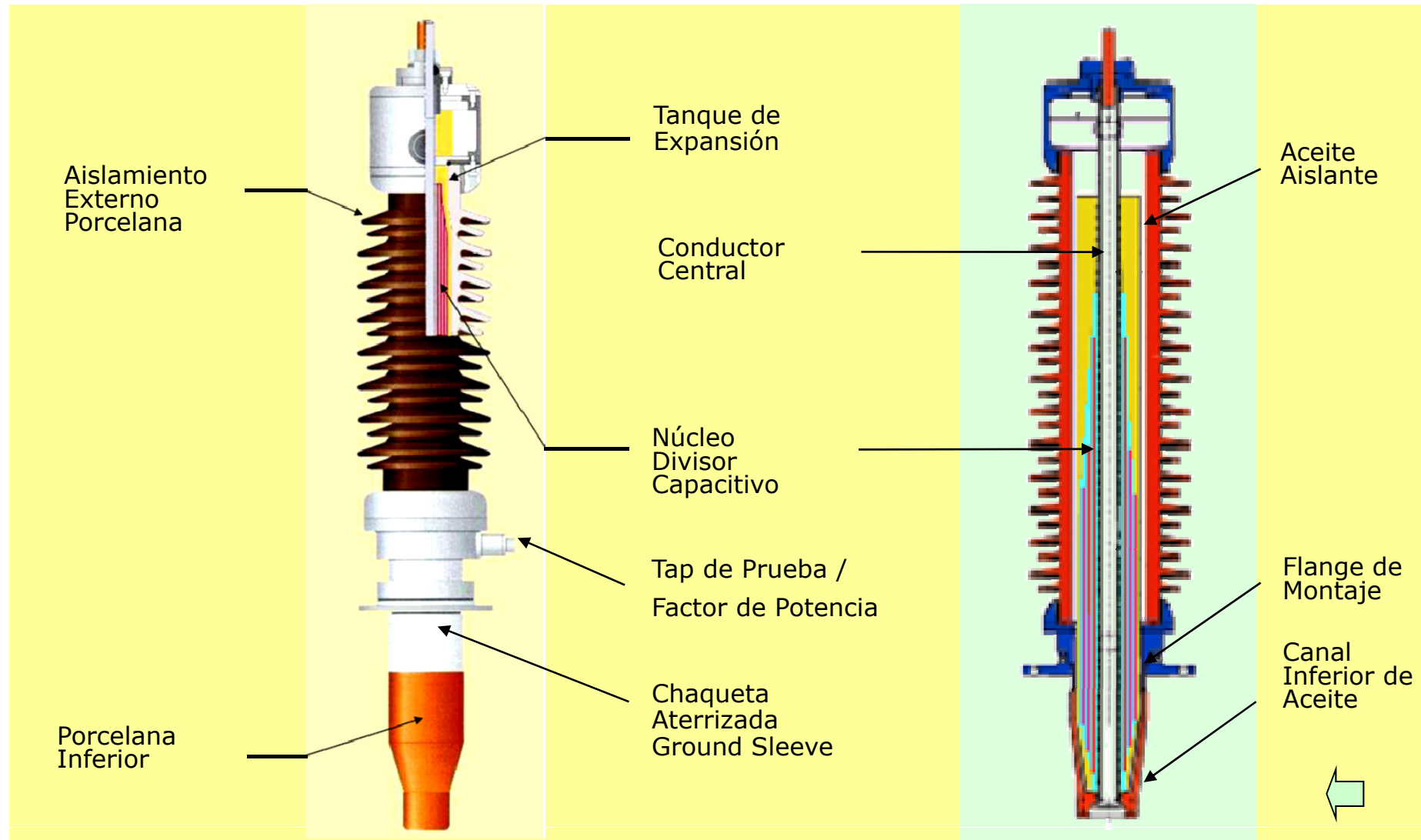
2.1 Transformador de Potencia

Inspección del Ruptor



2.1 Transformador de Potencia

BUJES



2.1 Transformador de Potencia

Montaje de Buje 220 kV



2.1 Transformador de Potencia

Montaje de Buje 60 kV



Taps de Prueba de Buje



2.1 Transformador de Potencia

ACEITE

Funciones :

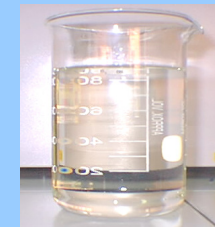
- Aislante entre la parte devanados y devanado-tierra.
- Refrigeración de la parte activa (devanado-núcleo) conduciendo el calor producido al exterior de manera natural (Sistema ONAN) por ventilación (Sistema ONAF) ó por circulación forzada de aceite (Sistema OFAF).
- Protege el aislamiento sólido

Composición :

Compuestos de hidrocarburos (contienen Parafínicos, Nafténicos, Aromáticos) + **Otros compuestos** (por destilación del petróleo, Azufre, Oxígeno, Nitrógeno y otros)

Agentes que deterioran y contaminan el aceite :

- | | | |
|----------------------------------|---|-----------------------|
| - Deterioro (oxidación) | : | Oxígeno + Temperatura |
| - Contaminación | : | Humedad. |



Ensayos principales :

- Físico – Químicos (debe ser libre de PCB's – componente cancerígeno, < 50 ppm)
- Cromatográficos (Análisis de Gases)

Mantenimiento

- Tratamiento en caliente de aceite (Reducir el contenido de Humedad < 20 ppm)
- Regeneración en caliente de aceite (Recuperar las condiciones originales del aceite - volverlo nuevo)

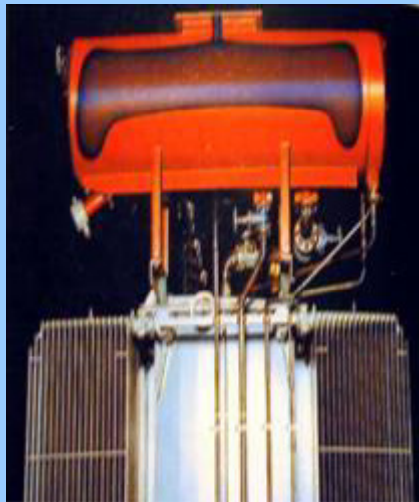


2.1 Transformador de Potencia

TANQUE DE EXPANSIÓN

Con el fin de compensar la expansión del aceite debido a las variaciones de temperatura se instala un tanque conservador ó de expansión. Asimismo se evita el contacto directo entre el aceite y aire exterior por medio de un diafragma ó bolsa instalado en el interior del mismo y cuyo volumen será adecuado a la contracción y dilatación del aceite total ante una variación de temperatura en condiciones normales ó de falla.

Sistema con bolsa



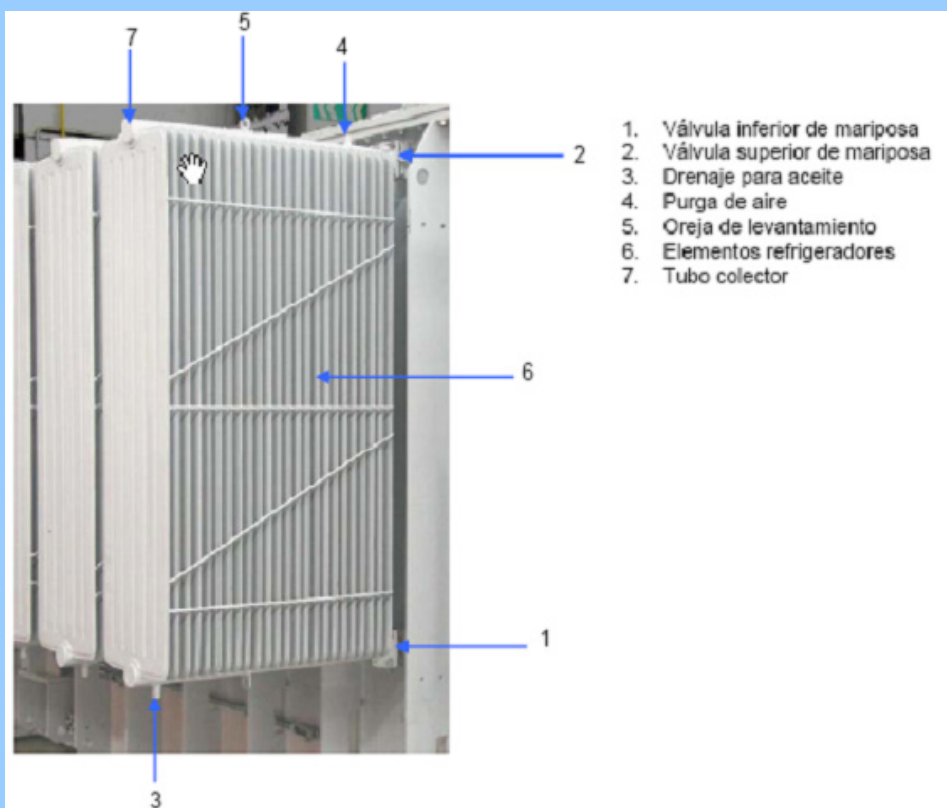
Sistema con diafragma



2.1 Transformador de Potencia

RADIADOR

Permite aumentar el área de contacto de la lámina de acero con el aceite caliente disipando el calentamiento de los devanados. El enfriamiento puede ser por aire natural (ONAN), ventilación forzada con ventiladores (ONAF) ó circulación de aceite por medio de bombas (OFAF). Los radiadores se acoplan mediante bridas y deben contar con válvulas y drenajes para su retiro en casos de reparación



Sistema ONAF



Sistema OFAF



2.1 Transformador de Potencia

PROTECCIÓN MECÁNICA

RELÉ BUCHHOLZ



- **Concepto** : Permite acumular cualquier gas generado dentro del transformador activando una señal de alarma y otra de disparo. Cuenta con una válvula de purga para toma de muestra de gases y para prueba de actuación mediante inyección de aire a presión.
- **Ubicación** : Ubicado en la cañería que conecta la cuba y el tanque de expansión.

VÁLVULA DE SOBREPRESIÓN



- **Concepto** : Evacua en un lapso de tiempo muy reducido (milisegundos) la sobrepresión que se haya creado en el transformador por medio de la expulsión del aceite activando señal de disparo. Desaparecida la sobrepresión tendrá reposición mecánica automática. Su tamaño es función al volumen de aceite contenido en el transformador.
- **Ubicación** : Se encuentra ubicado sobre la cuba del transformador.

RELÉ DE SOBREPRESIÓN SÚBITA



- **Concepto** : Opera ante variaciones instantáneas en la presión interna del transformador activando el disparo.
- **Ubicación** : Se encuentra en la parte superior de la cuba del transformador en disposición horizontal.



2.1 Transformador de Potencia

PROTECCIÓN MECÁNICA

TERMOMETRO DE ACEITE



- **Concepto:**

Mide la temperatura del aceite en la parte mas caliente del transformador (lado superior de la cuba) a través de un sensor ó termocupla, asimismo cuenta con una flecha que indica la máxima temperatura que alcanzó el aceite. Las temperaturas de operación accionarán en 1era instancia la operación de los ventiladores (caso ONAF), en 2da instancia una alarma por temperatura y en 3ra instancia el disparo definitivo.

- **Ubicación:**

La termocupla se encuentra en el interior de la cuba en la parte superior (termopozos) y el equipo medidor en un lugar accesible y visible de la cuba.

IMAGEN TÉRMICA Ó TEMPERATURA DE DEVANADO



- **Concepto:**

Mide la temperatura del devanado a través de un detector térmico y un transformador auxiliar de corriente, se usarán 01 o más equipos en función al número de devanados, asimismo cuenta con una flecha que indica la máxima temperatura que alcanzó el devanado.

- **Ubicación:**

El detector térmico se encuentra en el interior de la cuba junto al devanado a medir y el equipo medidor en un lugar accesible y visible de la cuba.



2.1 Transformador de Potencia

PROTECCIÓN MECÁNICA

NIVEL DE ACEITE



- **Concepto:**
Mide el nivel de aceite en el transformador, consta de una carátula exterior con un flotador interno adosado a la aguja indicadora del nivel del aceite. Se suministra normalmente con un contacto de alarma.
- **Ubicación:**
El medidor de nivel de aceite normalmente es instalado en el tanque de expansión del transformador.



2.1 Transformador de Potencia

Relé buchholz



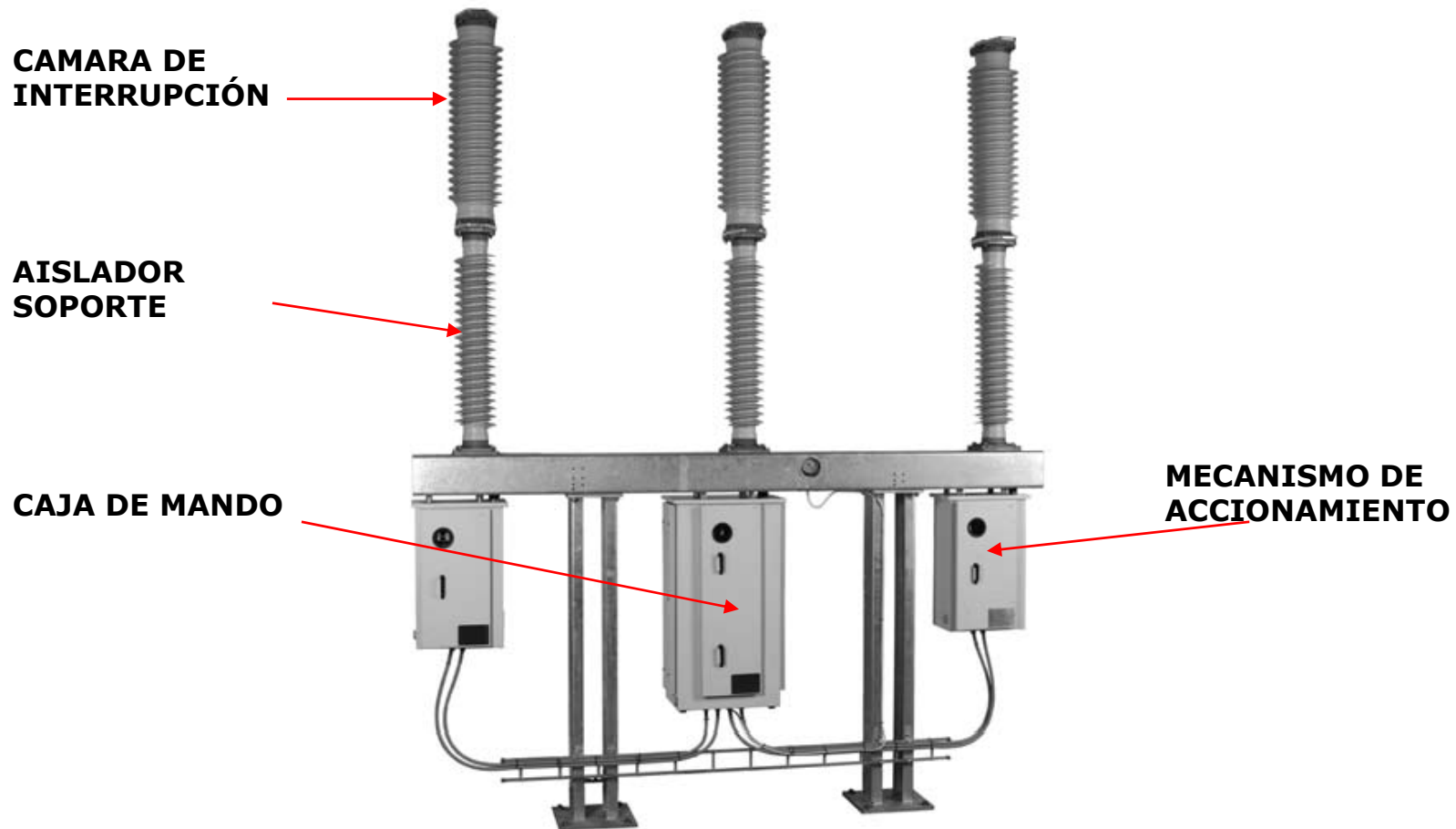
Termopozos



Purga del Buchholz



2.2 Interruptor de Potencia



2.2 Interruptor de Potencia

Concepto:

Encargada de conectar y desconectar corrientes de carga y de falla.

Según el medio de interrupción existen interruptores de aceite (gran y pequeño volumen de aceite), interruptores de aire comprimido, interruptores de SF6 (Hexafloruro de Azufre) e interruptores de vacío.

Según el mecanismo de accionamiento existen interruptores de mando a resortes, interruptores de mando neumático e interruptores de mando hidráulico.

El interruptor mas usado es el de SF6 con mando a resortes.

Características principales:

Voltaje y Corriente nominal, Nivel de aislamiento, Corriente nominal admisible de corta duración 1s ó 3s (**corriente de ruptura**), corriente nominal de cresta admisible, ciclo de operación, tipo de operación, tensión nominal transitoria de restablecimiento, tiempos de apertura y cierre, número de cámaras, circuitos auxiliares (bobinas de apertura y cierre, contactos auxiliares de posición, motor de carga resorte, alarmas, señalizaciones, etc), accesorios (equipo de llenado SF6, bastidores, bobinas de repuesto), etc

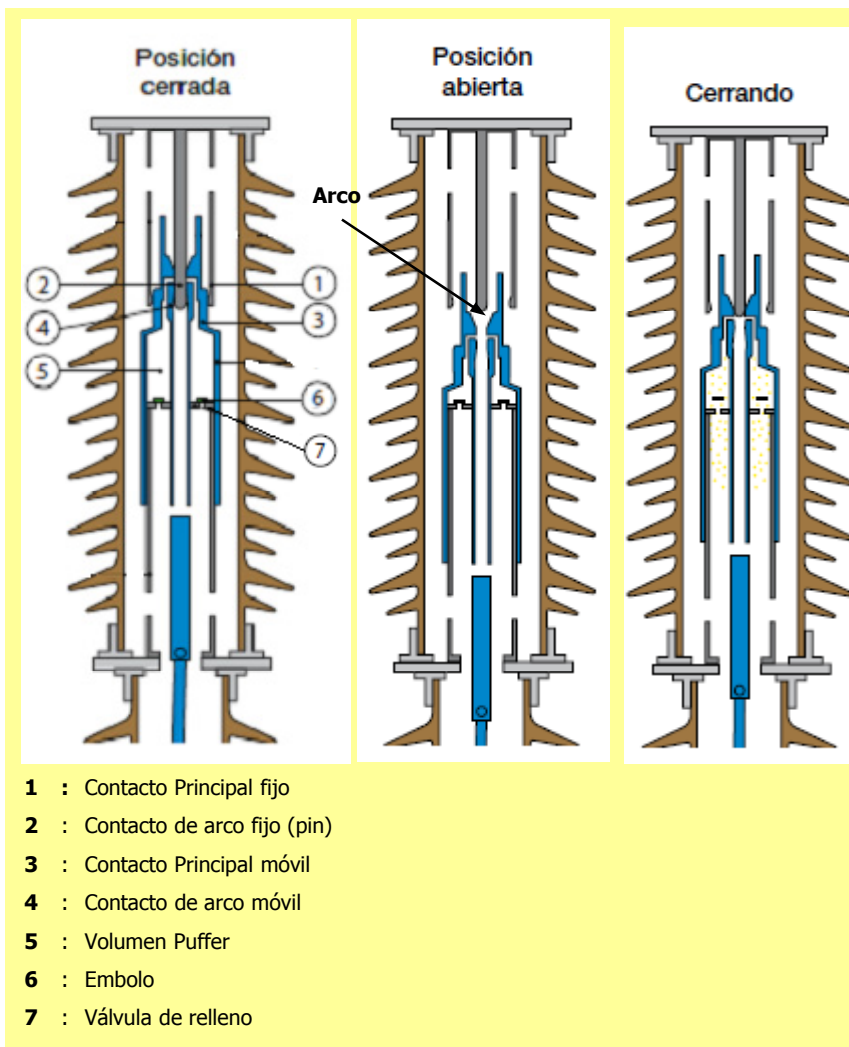
Otros accesorios:

- Resistencias de preinserción
- Capacitores equipotenciales
- Relés de mando sincronizado



2.2 Interruptor de Potencia

CAMARA DE INTERRUPCIÓN



Concepto:

Es el compartimiento en donde se produce la apertura y cierre de un circuito en un medio de extinción de arco que para el ejemplo es el SF6 por medio de contactos fijos y móviles accionados por un mecanismo de almacenamiento de energía.

Apertura de Contactos:

En la posición cerrada la corriente es conducida por los contactos principales y de arco. Al abrirse, los contactos principal y de arco móviles son empujados hacia abajo y la válvula de relleno es forzada a la posición cerrada con lo cual el gas SF6 comienza a comprimirse en el volumen Puffer con el embolo fijo. Los primeros contactos en abrirse son los principales, luego la alta presión de SF6 y en el momento en que la corriente pase por cero se concretará la extinción del arco y con el la apertura

Cierre de Contactos:

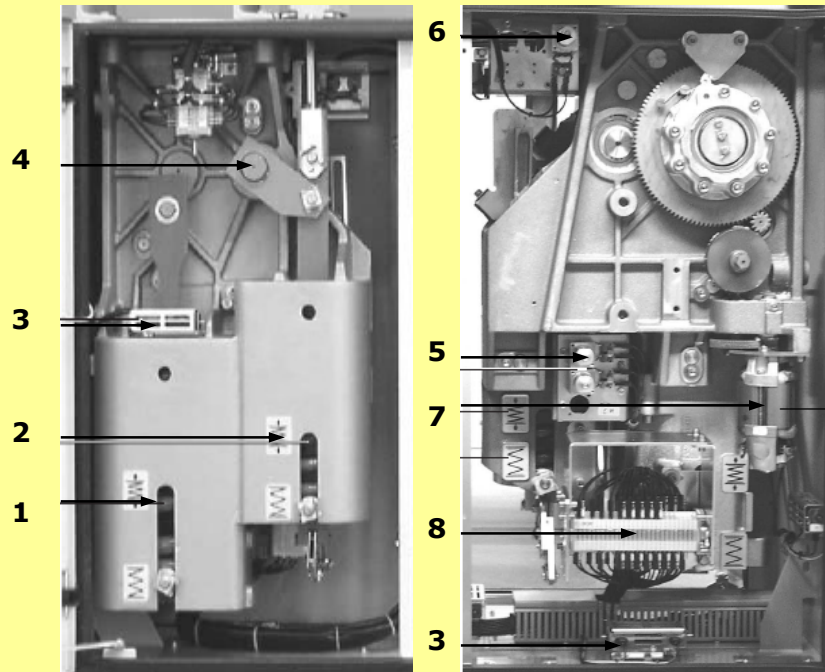
Durante el cierre la válvula de relleno se abre permitiendo que el gas SF6 sea aspirado en el volumen Puffer. Los primeros contactos en juntarse son los de arco y luego los principales.



2.2 Interruptor de Potencia

MECANISMO DE ACCIONAMIENTO

Mecanismo de Resortes



- 1 : Resorte de Cierre (tensado con motor)
- 2 : Resorte de apertura
- 3 : Calefacción
- 4 : Brazo de accionamiento (desplazamiento angular)
- 5 : Bobinas de apertura
- 6 : Bobina de cierre
- 7 : Motor
- 8 : Contactos auxiliares de posición

Resortes:

Este mecanismo almacena la energía para las maniobras de apertura y cierre a través de la carga de resortes. Existe un resorte de apertura y uno de cierre. Con el interruptor en posición ABIERTO, el resorte de cierre está tensado para el cierre por medio de un motor. Luego del cierre se tensa el resorte de apertura y seguidamente el resorte de cierre, quedando el interruptor listo para un eventual recierre, según su secuencia de maniobra O-0.3s-CO-3min-CO.

Neumático:

Este mecanismo almacena su energía en forma de aire comprimido. La presión de aire se mantiene constante a través de un sistema motor-compresor.

Hidráulico:

Este mecanismo almacena su energía en forma de presión de aceite (hidrolina). Algunos fabricantes combinan el sistema hidráulico con el de resortes. La respuesta de operación es más rápida.



2.2 Interruptor de Potencia

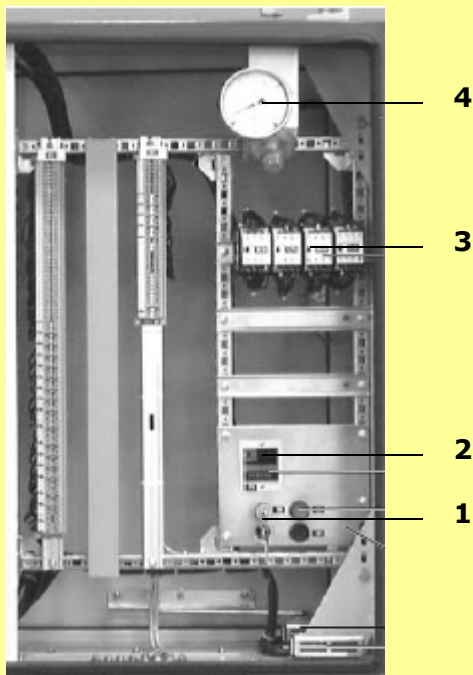
TABLERO DE MANDO

Es el tablero desde donde se opera manualmente el equipo a través de sus pulsadores y en el que se ubican las señalizaciones, borneras de conexión al cual llegan los contactos de posición, las llaves térmicas, relés temporizados, contador de maniobras. En este tablero se realizarán todas las conexiones requeridas para la prueba del interruptor y cuenta con un esquema eléctrico de conexiones.

OTROS ACCESORIOS

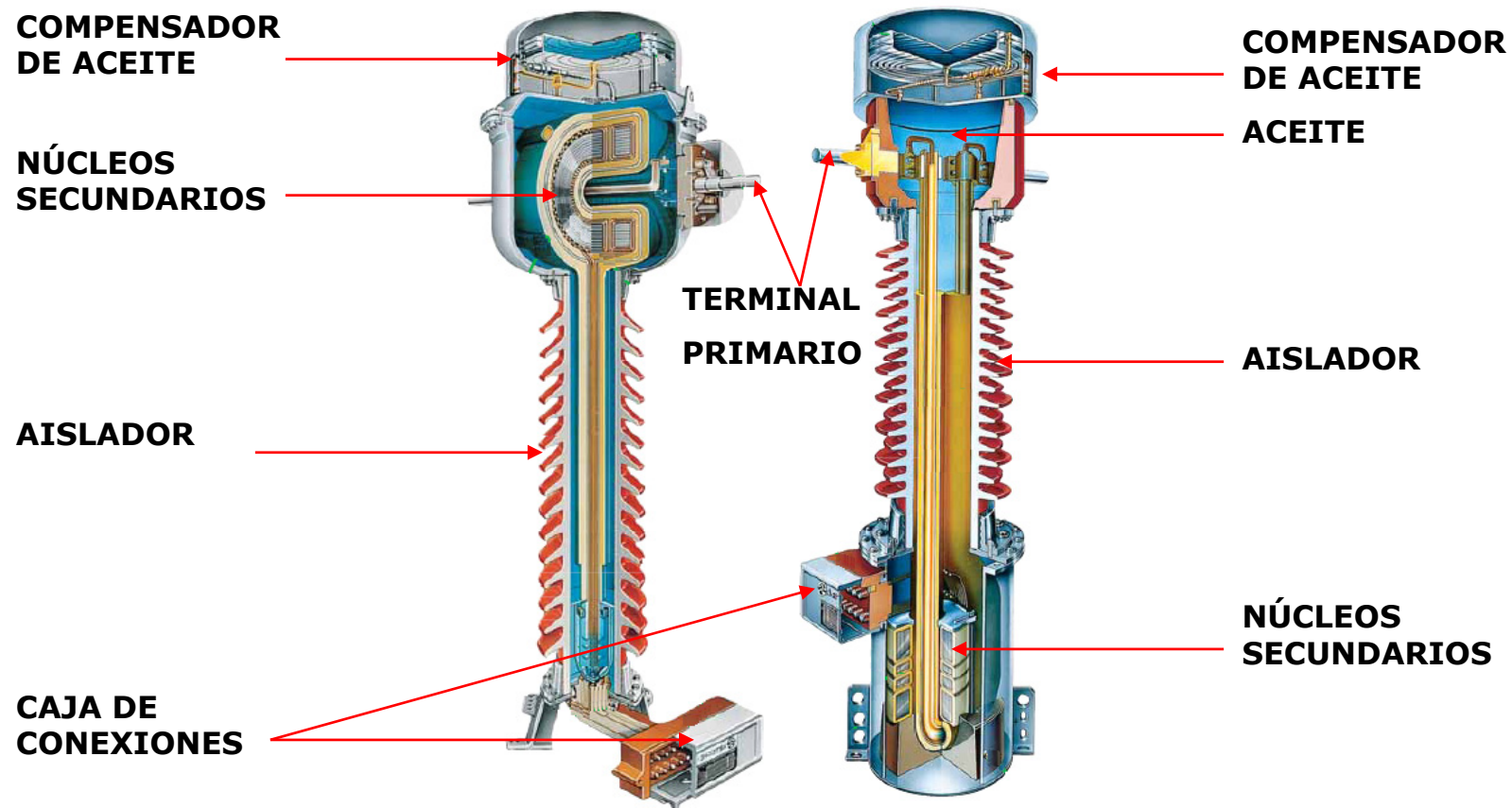
1. Resistencia de Preinserción, utilizadas unicamente en el cierre para limitar las sobretensiones en la red durante las operaciones de cierre, son resistencias conectadas en paralelo a la cámara de interrupción.
2. Condensador equipotencial, utilizados en interruptores de varias cámaras para distribuir uniformemente la tensión entre el espacio de los contactos en serie de las cámaras de extinción.
3. Relés de mando sincronizados, utilizados en los casos de sobretensiones y/o sobrecorrientes por maniobras. Lo que se trata es de efectuar conexión ó desconexión en las mejores condiciones para minimizar los transitorios generados en el sistema. Se usa para la energización de banco de condensadores, desenergización de reactores y energización de transformadores.

Mecanismo de Resortes



- 1 : Pulsadores de mando local
- 2 : Contador de maniobras
- 3 : Relés temporizados
- 4 : Indicador de presión de SF6
- 5 : Borneras

2.3 Transformadores de Corriente



2.3 Transformadores de Corriente

Concepto:

Encargada de reproducir en su secundario la CORRIENTE del primario en valores medibles para alimentar a los medidores y relés, asimismo aíslan a éstos equipos del circuito de alta tensión. Su medio aislante puede ser aceite ó SF6.

El TC generalmente consta de 01 núcleo de medición con clase de precisión 0.2 (0.2% error) y 02 ó mas núcleos de protección según sea el requerimiento con clase de protección 5P20 (5% error a 20 veces la Inominal).

Los TC's se fabrican con una clase de precisión, un burden (en VA) a un factor de potencia y con una corriente nominal en el secundario de 1 ó 5 amperios.

Características principales:

Voltaje nominal, Relación de transformación de corriente (de relación primaria ó secundaria), nivel de aislamiento, número de núcleos, clase de precisión, burden, corriente térmica de corta duración 1s, corriente dinámica, etc

Otros accesorios:

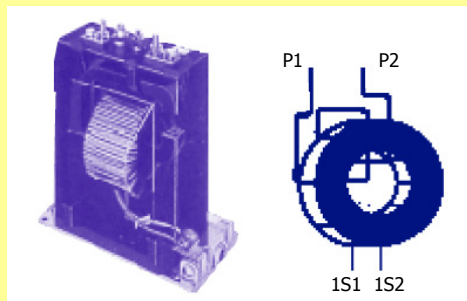
- Tap para tangente de delta
- Protección contra sobretensiones en el secundario



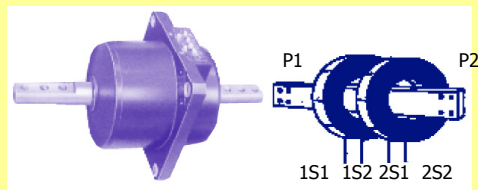
2.3 Transformadores de Corriente

NUCLEOS SECUNDARIOS y TERMINALES PRIMARIOS

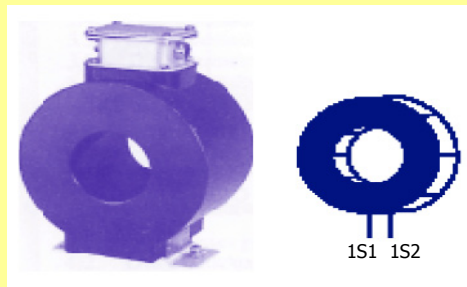
Tipo Bobinado



Tipo barra



Tipo Ventana

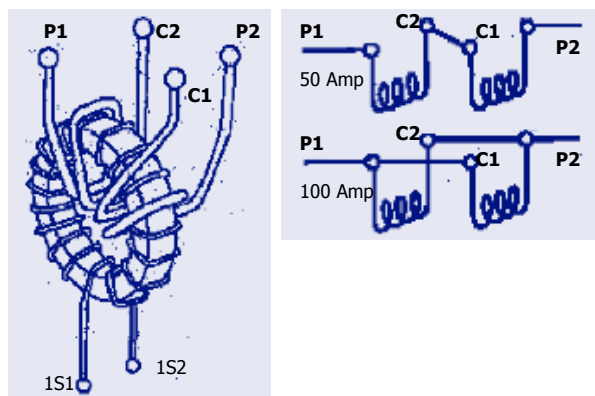


Según las características constructivas de la bobina primaria los transformadores de corriente se clasifican en:

- Tipo bobinado, el primario cuenta con mas de una vuelta
- Tipo barra, el primario consta de una barra pasante
- Tipo ventana, no cuenta con primario

Según las características de conexión los transformadores de corriente podrán ser de relación primaria ó secundaria

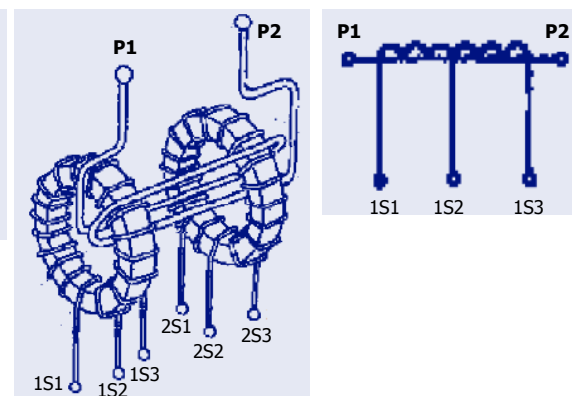
Relación primaria



50-100 / 1 Amp

Núcleo 1 : 1S1-1S2 (50/1 Amp ó 100/1 Amp), depende de la conexión en el primario

Relación secundaria



50-100 / 1/1 Amp

Núcleo 1 (Medición) : 1S1-1S2 (50/1 Amp); 1S1-1S3 (100/1 Amp)
Núcleo 2 (Protección) : 2S1-2S2 (50/1 Amp); 2S1-2S3 (100/1 Amp)

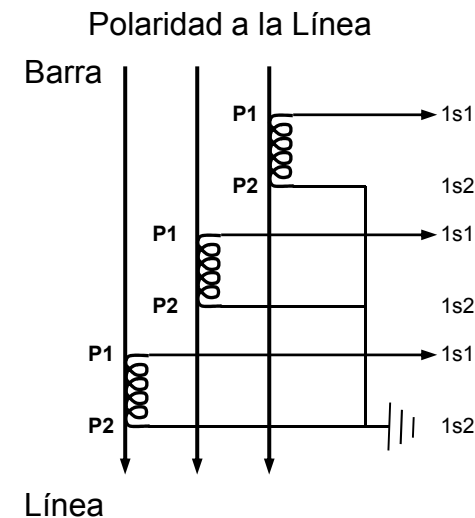
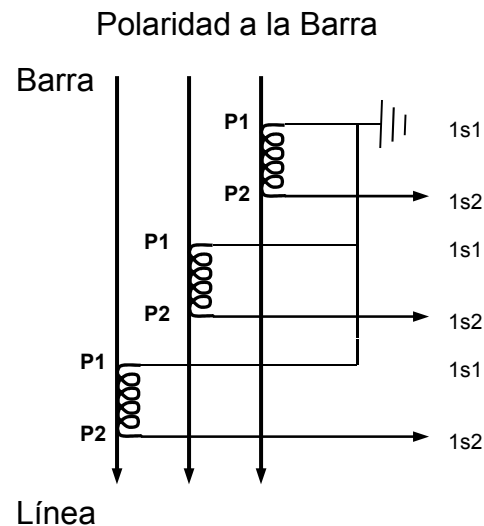
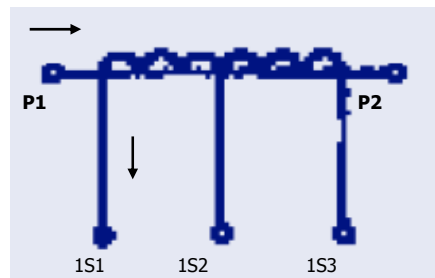


2.3 Transformadores de Corriente

NUCLEOS SECUNDARIOS Y TERMINALES PRIMARIOS

Polaridad:

- La corriente entra por la marca de polaridad y la corriente secundaria sale por la marca. En los transformadores de corriente las marcas se encuentran en P1 (primario) y 1S1 (secundario) ó también puede considerarse P2 (primario) y 1S2 ó 1S3 (secundario) según convenga
- En protecciones se tiene una convención respecto a la polaridad de los TC's el cual se determina por el neutro el cual puede estar mirando a la barra ó a la línea.
- La formación del neutro a tierra puede ser conectado en cualquiera de los bornes secundarios según convenga.
- Para cualquier polaridad escogida se debe verificar durante las conexiones que el sentido de la corriente que ingresa a los relés ó equipos de medición debe ser la misma.



2.3 Transformadores de Corriente

NUCLEOS SECUNDARIOS y TERMINALES PRIMARIOS

Diseño:

- Los núcleos se diseñan en función de las características de precisión y para una carga ó burden nominal.
- El voltaje de saturación del núcleo de medición es menor que el de protección. Es decir el núcleo de medición está diseñado para tener alta precisión a corrientes nominales de operación y el núcleo de protección está diseñado para tener alta precisión a corrientes de falla. El voltaje de saturación del núcleo detectado en bornes del secundario es el equivalente al valor de corriente que satura el núcleo.
- El factor de seguridad **FS** es la relación entre la corriente que satura al **núcleo de medición** y la corriente nominal. Usualmente $FS \leq 5$ o $\leq 10(xI_n)$.
- El factor límite de precisión **FLP** es la relación entre la corriente que satura al **núcleo de protección** y la corriente nominal, es decir para un TC de clase 5P20 el $FLP = 20$.
- Si la carga conectada al núcleo del transformador es menor que el burden entonces el FS y/o FLP se incrementan caso contrario éstos disminuyen. El factor es proporcional a la relación del burden nominal y la carga real consumida.
- Si las corrientes nominales en el primario son bajas el bajo número de amper-vueltas podría ser compensado con el incremento del volumen del núcleo, y como consecuencia se tendrían TC's con núcleos grandes y caros. Otra medida sería incrementar el número de amper-vueltas en el primario pero esto reduciría la Corriente Térmica I_{th} del TC.
- Jamás debe abrirse el circuito de corriente de los núcleos del TC ya que en bornes del secundario se genera un sobrevoltaje que es proporcional a la relación de transformación.

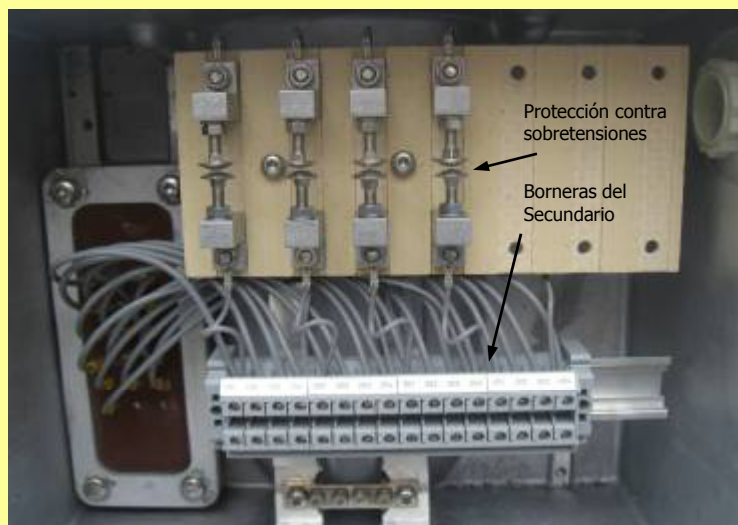


2.3 Transformadores de Corriente

Placa de TC en Caja de conexiones

Gerätenr.	1HSE 8772783	Klemme	Übersetzung	Leistung
Ort	(NYTRO 10XN) 55 kg	1 S1-S2	300/5	
lth	31,5 / 1 kA/s	1 S1-S3	600/5	30VA 0.2 Ext200 Fs
ldyn	80 kA	1 S1-S4	1200/5	60VA 0.2 Ext100 Fs10
		2,3,4 S1-S2	300/5	
		2,3,4 S1-S3	600/5	30VA 5P10
		2,3,4 S1-S4	1200/5	60VA 5P10

Caja de Conexiones



COMPENSADOR DE ACEITE

Utilizado para compensar el aceite que es extraído en muestras y para indicar el nivel de aceite.

CAJA DE CONEXIONES

En ella se ubican principalmente las borneras del secundario y se identifican sus características vista en la placa de datos.

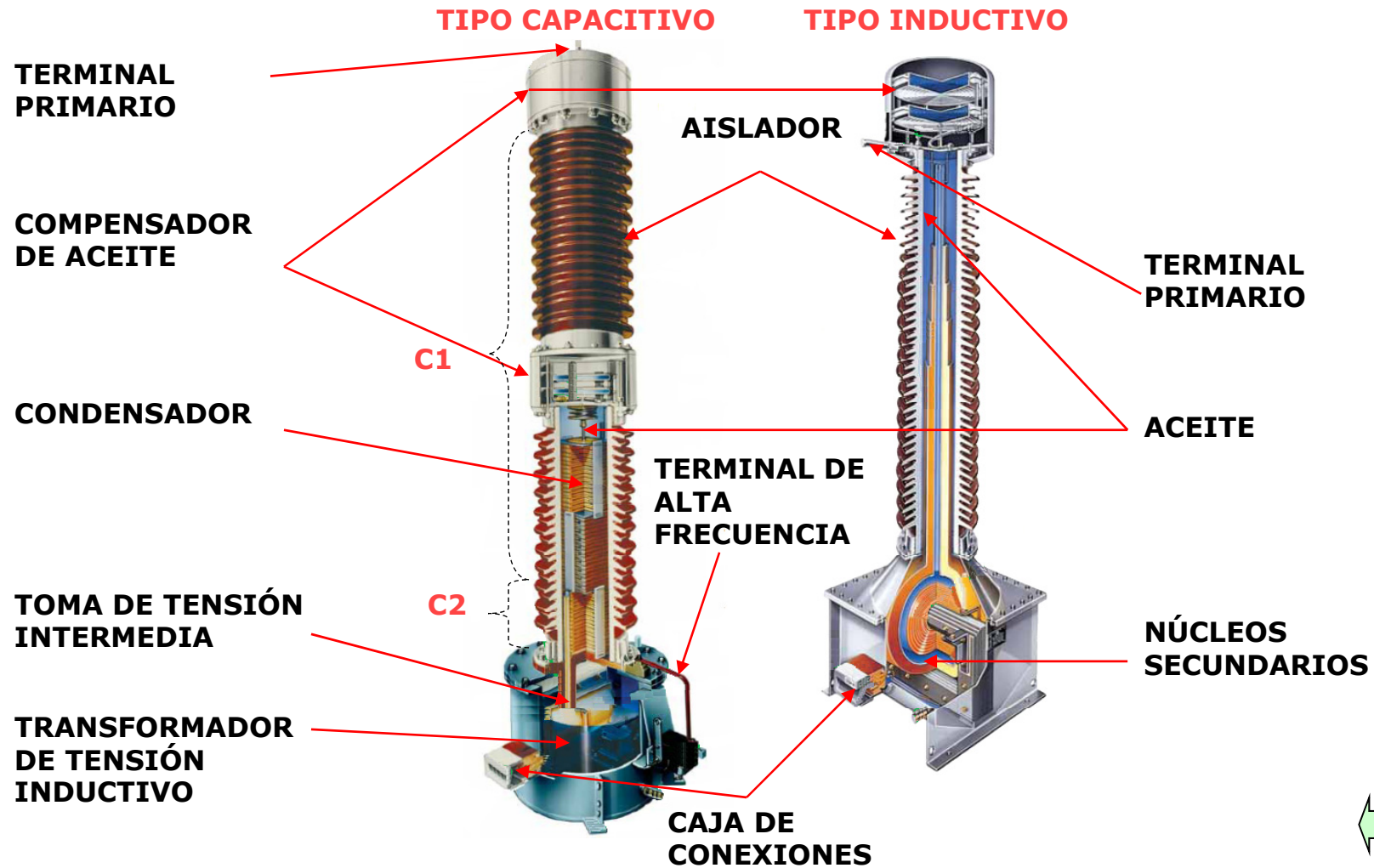
OTROS ACCESORIOS

Tap para tangente de delta; similar al que poseen los bujes del transformador de potencia y necesaria para determinar la prueba de tangente de delta ó factor de potencia del conjunto dieléctrico papel-aceite al interior del TC. Este valor se obtiene inyectando voltaje alterno entre el terminal del primario y el tap y su valor es menor ó igual a 0.5%.

Protección contra sobretensiones en el secundario; para el caso en que el circuito de corriente se haya abierto en cualquiera de los núcleos.



2.4 Transformadores de Tensión



2.4 Transformadores de Tensión

Concepto:

Encargada de reproducir en su secundario la TENSIÓN del primario en valores medibles para alimentar a los medidores y relés, asimismo aíslan a éstos equipos del circuito de alta tensión. Su medio aislante es el aceite.

El TT puede ser del tipo inductivo ó capacitivo y consta de 02 núcleos de la misma característica, uno utilizado en medición y el otro en protección.

El de tipo inductivo es utilizado mayormente para la generación y media tensión ya que presenta mejor precisión ante variaciones de tensión. **El de tipo capacitivo** es utilizado mayormente en sistemas de transmisión por su bajo costo y menor peso y su precisión varía según el voltaje de operación. Entre el 80-120% la precisión es alta (0.2%) y fuera de ese rango la precisión es baja (3%)

Los TT's se fabrican con una clase de precisión y un burden (en VA) a un factor de potencia con una tensión nominal en el secundario de 100/V3 ó 110V3 Voltios.

Características principales:

Voltaje nominal, Relación de transformación, nivel de aislamiento, # de núcleos, clase de precisión, burden, Factor de tensión permanente y 30s, capacidad total, acondicionado para trampa de onda, etc

Otros accesorios:

- Cuchilla de potencial
- Circuito HF



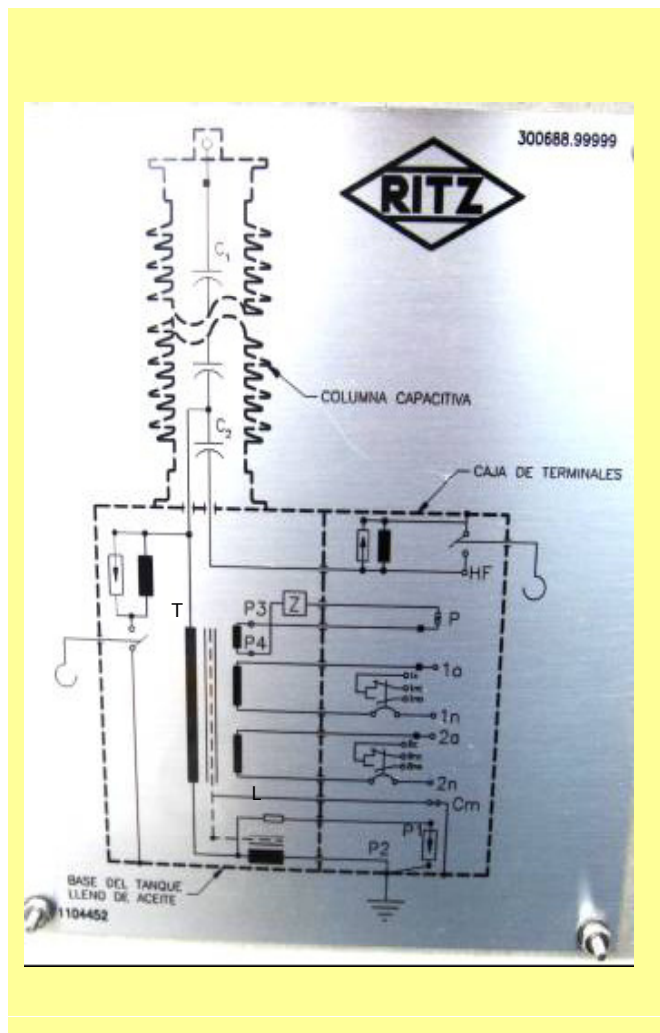
2.4 Transformadores de Tensión

CONDENSADORES

Los condensadores impregnados en aceite de alta calidad se encuentran en serie alojados en uno ó mas aisladores formando una unidad el cual es sellado y hermético. Dicha capacitancia suele ser invariable en el tiempo, una variación del $\pm 5\%$ nos indica alguna alteración en las placas del condensador y probablemente una falla en el equipo. Los condensadores forman un divisor de tensión capacitivo C_1 y C_2 entre el terminal de alta tensión y el terminal HF. A través de una toma intermedia (entre C_1 y C_2) se conecta a un transformador de tensión inductivo.

TRANSFORMADOR DE TENSIÓN INDUCTIVO

El transformador de tensión inductivo (T) es el encargado de realizar la transformación final a los valores de tensión secundarios. El voltaje primario puede llegar a ser de hasta 20 kV y el secundario de 100/V3 ó 110V3 Voltios. Dicho transformador se encuentra en serie con una reactancia de compensación (L). A su vez el secundario cuenta con un núcleo que alimenta a un circuito de supresión de ferresonancia (P3-P4) la cual se produce ante variaciones de tensión. Todo el conjunto se encuentra alojado en una compartimiento de acero galvanizado con aceite mineral a nivel adecuado.



2.4 Transformadores de Tensión

NUCLEOS SECUNDARIOS

Se cuenta con dos núcleos secundarios similares de de 100/V3 ó 110V3 Voltios (bornes 1a-1n, 2a-2n). Los bornes 1n y 2n son conectados a tierra. La marca de polaridad se encuentra en los bornes 1a y 2a.

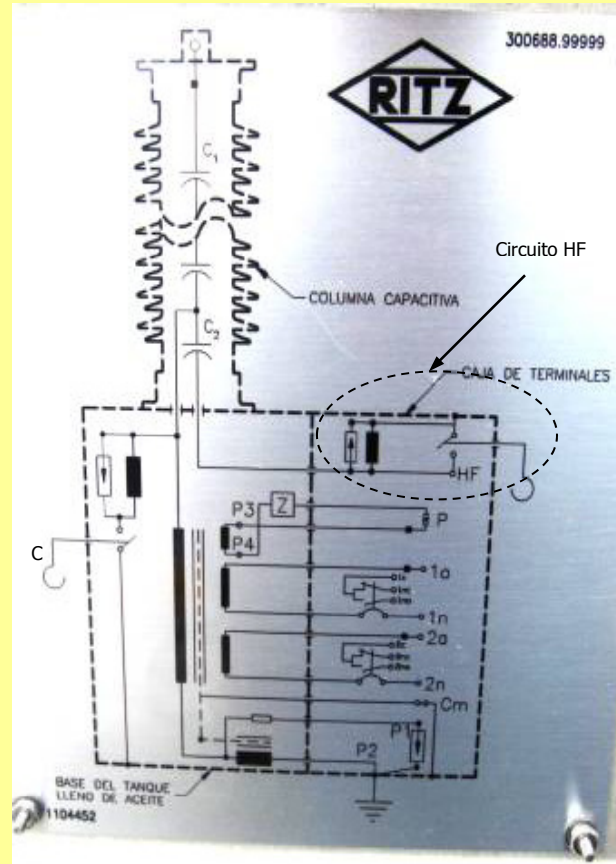
TERMINAL DE ALTA FRECUENCIA HF

Usado para el circuito de onda portadora para el envío y recepción de las señales de voz, datos, teleprotección, etc

OTROS ACCESORIOS

Circuito HF, se debe especificar que el transformador de tensión capacitivo esté provisto del circuito HF el cual se encuentra en la figura conformado por una bobina que está protegida con descargador y una cuchilla de tierra. Para que el sistema de onda portadora se encuentre habilitada la cuchilla debe estar abierta.

Cuchilla de potencial (C), se debe especificar que el transformador esté provisto de ésta cuchilla, la cual tiene por finalidad poder medir las capacitancias C_1 y C_2 del transformador en forma separada. Para la operación normal esta cuchilla debe estar abierta, en caso se cerrara no se tendrán señales de voltaje en el secundario.



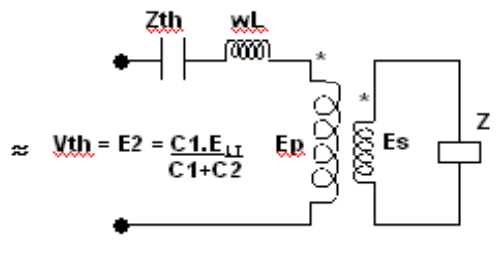
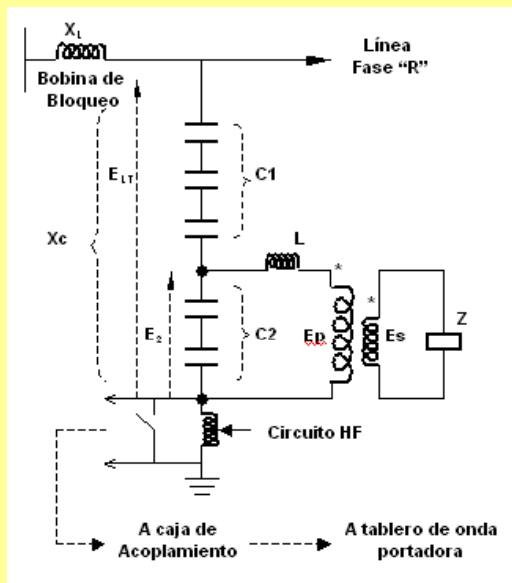
2.4 Transformadores de Tensión

COMO SE REALIZA LA TRANSFORMACIÓN

A partir del esquema eléctrico del transformador obtendremos el voltaje e impedancia de Thevenin equivalente V_{th} y Z_{th} . Del circuito simplificado el transformador de tensión será diseñado para que la suma de las impedancias Z_{th} y ωL (Reactancia de compensación) la impedancia sea cero, con lo cual se garantiza que la tensión E_2 se encuentre en fase con la tensión del sistema ELT.

OTRAS UTILIDAD DEL TT CAPACITIVO

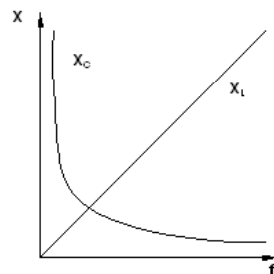
Cuando se recibe por la línea señales de alta frecuencia (voz, datos, teleprotección, telemando, etc.) $X_L \gg X_C$ y las señales pasan por los condensadores al circuito HF y de allí a la caja de acoplamiento, el cual se ajusta en función a la capacitancia $C_1 + C_2$, finalmente la señal es recibida por el equipo de onda portadora para su procesamiento y derivada a los relés, central telefónica, scada, etc. según sea el caso.



$$V_{th} = E_2$$

$$Z_{th} = \frac{1}{j\omega(C_1 + C_2)}$$

$$E_s = \frac{E_p}{RTC} = \frac{C_1}{(C_1 + C_2)} \frac{E_p}{RTC}$$



$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

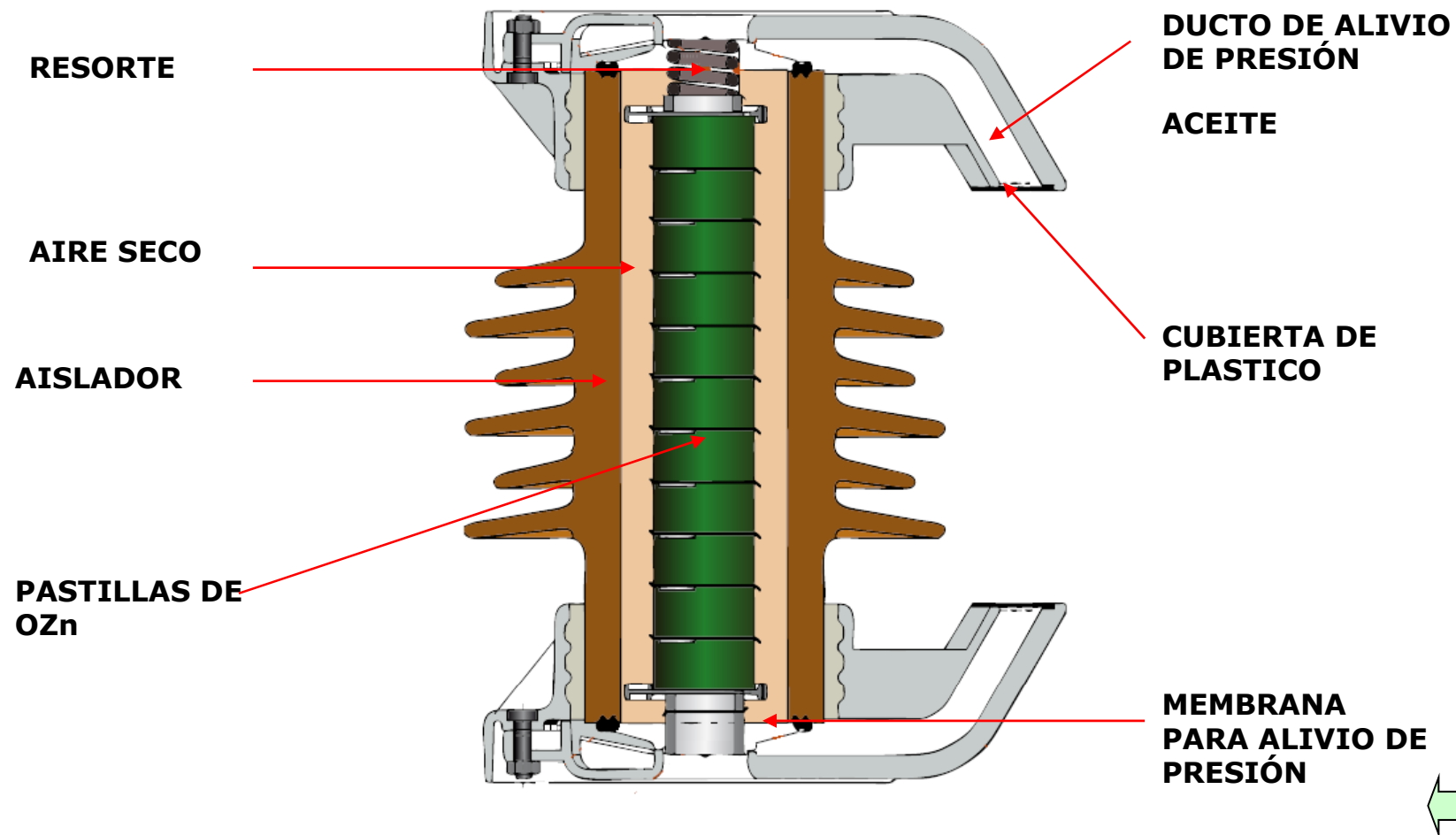
$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

Impedancia de la Trampa de Onda

Impedancia de los condensadores C_1 y C_2



2.5 Pararrayos ó descargador de sobretensión



2.5 Pararrayos ó descargador de sobretensión

Concepto:

Destinados a descargar las sobretensiones originadas por descargas atmosféricas, maniobras u otros con el fin de proteger el aislamiento de los demás equipos de patio. Se encuentran permanentemente conectada al sistema y descargan cuando el valor de la tensión del mismo ha superado determinado valor, es decir para la tensión nominal de operación del sistema el pararrayos se comporta como una gran impedancia y para una sobretensión como un cortocircuito. Utilizado en subestaciones y líneas.

Existen pararrayos de Oxido de Zinc (OZn) y los convencionales ó autovalvulares. Estos últimos ya fueron descontinuados en su uso y reemplazados por los OZn que utilizan elementos varistores de óxido de zinc ensamblados en serie dentro de una columna aislante de porcelana ó polimérico.

La tensión nominal del pararrayos U_r se determina a partir de las sobretensiones temporales originadas en las fases sanas cuando existen fallas a tierra, la duración de éstas y según el aterramiento del sistema. La máxima tensión de operación continua MCOV (norma ANSI/IEEE) ó U_c (norma IEC) se encuentra relacionado al U_r a través de un factor de diseño ($=0.8U_r$).

Características principales:

Tensión nominal, Máxima tensión de operación continua , corriente de descarga, corriente de alivio de presión, clase de descarga, capacidad de absorción de energía, etc

Otros accesorios:

- Contador de descarga
- Anillos equipotenciales



2.5 Pararrayos

Max. system voltage U_m	Rated voltage U_r	Max. continuous operating voltage ¹⁾		TOV capability ²⁾		Max. residual voltage with current wave							
		as per IEC U_c	as per ANSI/IEEE MCOV	1 s	10 s	30/60 μ s				8/20 μ s			
		kV_{rms}	kV_{rms}	kV_{rms}	kV_{rms}	0.5 kA	1 kA	2 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA	
245	180	144	144	208	196	351	354	373	330	410	440	492	
	192	154	154	222	211	375	388	398	415	437	479	525	
	198	156	160	229	217	387	400	410	428	451	494	541	
	216	166	174	240	229	410	423	433	451	474	519	568	
	219	166	177	254	240	427	443	454	474	499	546	598	
	228	166	180	264	250	445	461	473	493	519	568	623	
	216	173	174	250	237	422	437	448	467	492	539	590	
	228	182	182	264	250	445	461	473	493	519	568	623	
	240	191	191	278	264	468	485	497	519	546	598	656	
	258	191	209	299	283	504	522	535	558	587	643	705	
362	264	191	212	306	290	515	534	547	571	601	658	721	
	258	206	209	299	283	504	522	535	558	587	643	705	
	264	211	212	306	290	515	534	547	571	601	658	721	
	276	221	221	320	303	539	558	572	597	628	688	754	
	288	230	230	334	316	562	582	597	623	656	718	787	
	320	264	267	382	363	644	667	686	714	751	823	901	
420	336	267	272	389	369	656	679	696	727	765	838	918	
	360	267	281	417	396	702	728	746	779	819	897	983	
	372	267	301	431	409	726	752	771	804	847	927	1021	
	378	267	306	438	415	737	764	783	817	860	942	1037	
	381	267	308	441	419	743	770	789	824	867	950	1045	
	390	267	315	452	429	761	788	808	843	888	972	1070	
	396	267	318	459	435	773	800	820	856	901	987	1086	
	420	267	336	487	462	819	849	870	908	956	1051	1152	
	396	317	318	459	435	773	800	820	856	901	987	1086	
	420	336	336	487	462	819	849	870	908	956	1051	1152	
550	444	349	353	515	488	866	897	920	960	1015	1111	1217	

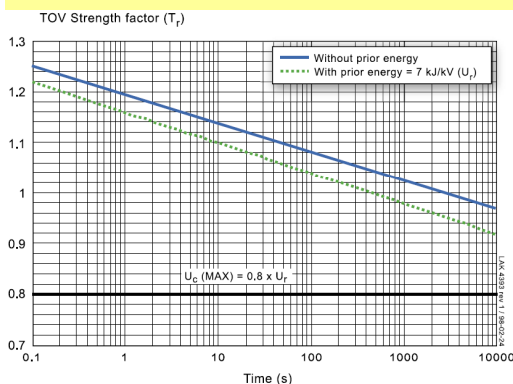
More detailed information on the TOV capability and the protective characteristics are given in Publ. 1-HSM 8543 13-01-en.

¹⁾ The continuous operating voltages U_c (as per IEC) and MCOV (as per ANSI) differ only due to deviations in type test procedures. U_c has to be considered only when the actual system voltage is higher than the tabulated. Any arrester with U_c higher than or equal to the actual system voltage divided by $\sqrt{3}$ can be selected.

²⁾ With prior duty equal to the maximum single-impulse energy stress (7.0 kJ/kV (A)).

³⁾ Arresters for system voltages 36 kV or below can be supplied, on request, when the order also includes arresters for higher system voltages.

Arresters with lower or higher rated voltages may be available on request for special applications.



SELECCIÓN DEL PARARRAYO Calculo Ur (220 kV)

- Se determina la Máxima Tensión de Operación Continua:
MCOV ó U_c = $U_{\text{máx}}(\text{equipo})/\sqrt{3} = 245/\sqrt{3} = 141.6 \text{ kV}$
- Se determina la sobretensión temporal TOV del sistema:
TOV = $U_{\text{máx}}(\text{equipo})/\sqrt{3} \times \text{Factor de tierra}$
 - Sistemas neutro puesto a tierra : Factor de tierra = 1.4
 - Sistemas aislados : Factor de tierra = 1.73

Para el caso a) TOV = 198.2 kV
- El U_r será el mayor valor entre R_o y R_e donde:
 $R_o = \text{MCOV} / \text{Factor de diseño del pararrayos (0.8)}$
 $R_o = 177 \text{ kV}$
 $R_e = \text{TOV} / K_t$ (depende del tiempo que dure la sobret. temporal)
 $K_t = 1.15$ si $t=1 \text{ seg.}$; $K_t = 1.06$ si $t=10 \text{ seg.}$ y $K_t = 0.95$ si $t=2 \text{ horas}$
 $R_e = 187 \text{ kV}$ (si $K_t = 1.06$)
 Por lo tanto el mayor valor es 187 kV
- Se aplica un factor de incremento 5% (para $U > 100 \text{ kV}$); 10% (para $U < 100 \text{ kV}$)
 Es decir $187 \times 1.05 = 196.3 \text{ kV}$
 Por lo tanto se tomará el valor normalizado mas alto (ver tabla), es decir : **$U_r = 198 \text{ kV}$**
- Las características de **TOV** que soporta el pararrayos están dadas en una curva en función del tiempo. La tabla muestra dos puntos de ésta para 1 seg y 10 seg.

2.5 Pararrayos

Max. system voltage U_m	Rated voltage		Max. continuous operating voltage ¹⁾		TOV capability ²⁾		Max. residual voltage with current wave							
	U_r	U_c	as per IEC	as per ANSI/IEEE MCOV	1 s	10 s	30/60 μ s				8/20 μ s			
							U_{rms}	U_{rms}	U_{peak}	U_{peak}	U_{peak}	U_{peak}	U_{peak}	U_{peak}
245	180	144	144		208	198	351	364	373	390	410	449	492	
	192	154	154		222	211	375	388	396	415	437	479	525	
	198	156	160		229	217	387	400	410	428	451	494	541	
	210	156	170		243	231	410	425	435	454	478	524	574	
	216	156	174		250	237	422	437	448	467	492	539	590	
	219	156	177		254	240	427	443	454	474	499	546	598	
	228	156	180		264	250	445	461	473	493	519	568	623	
	216	173	174		250	237	422	437	448	467	492	539	590	
	228	182	182		264	250	445	461	473	493	519	568	623	
	240	191	191		278	264	468	485	497	519	546	598	656	
300	258	191	209		299	283	504	522	535	558	587	643	705	
	264	191	212		306	290	515	534	547	571	601	658	721	
	258	206	209		299	283	504	522	535	558	587	643	705	
	264	211	212		306	290	515	534	547	571	601	658	721	
	276	221	221		320	303	539	558	572	597	628	688	754	
	285	230	230		334	318	562	582	597	623	656	719	787	
	330	264	267		382	363	644	667	684	714	751	823	901	
	336	267	272		389	369	656	679	696	727	765	838	918	
	360	267	301		417	396	702	728	745	779	819	897	983	
	372	267	301		431	409	726	752	771	804	847	927	1021	
362	378	267	306		438	415	737	764	783	817	860	942	1037	
	381	267	308		441	419	743	770	789	824	867	950	1045	
	390	267	315		452	429	761	788	808	843	888	972	1070	
	396	267	318		459	435	773	800	820	856	901	987	1086	
	420	267	336		487	462	819	849	870	908	956	1051	1152	
	396	317	318		459	435	773	800	820	856	901	987	1086	
	420	336	336		487	462	819	849	870	908	956	1051	1152	
	444	349	353		515	488	866	897	920	960	1015	1111	1217	

More detailed information on the TOV capability and the protective characteristics are given in Publ. 1-HSM 9543 13-01 en.

1) The continuous operating voltages U_c (as per IEC) and MCOV (as per ANSI) differ only due to deviations in type test procedures.

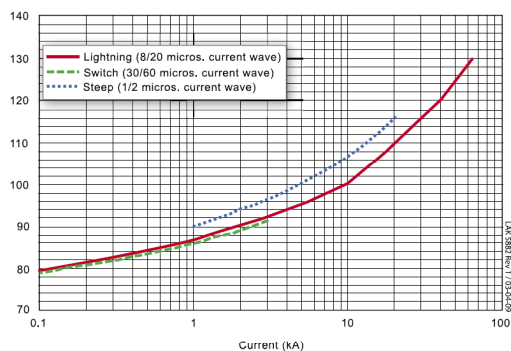
U_c has to be considered only when the actual system voltage is higher than the tabulated. Any arrester with U_c higher than or equal to the actual system voltage divided by $\sqrt{3}$ can be selected.

2) With prior duty equal to the maximum single-impulse energy stress (7.0 kJ/kV (A)).

3) Arresters for system voltages 36 kV or below can be supplied, on request, when the order also includes arresters for higher system voltages.

Arresters with lower or higher rated voltages may be available on request for special applications.

Max residual voltage in percent of residual voltage at 10 kA 8/20 impulse

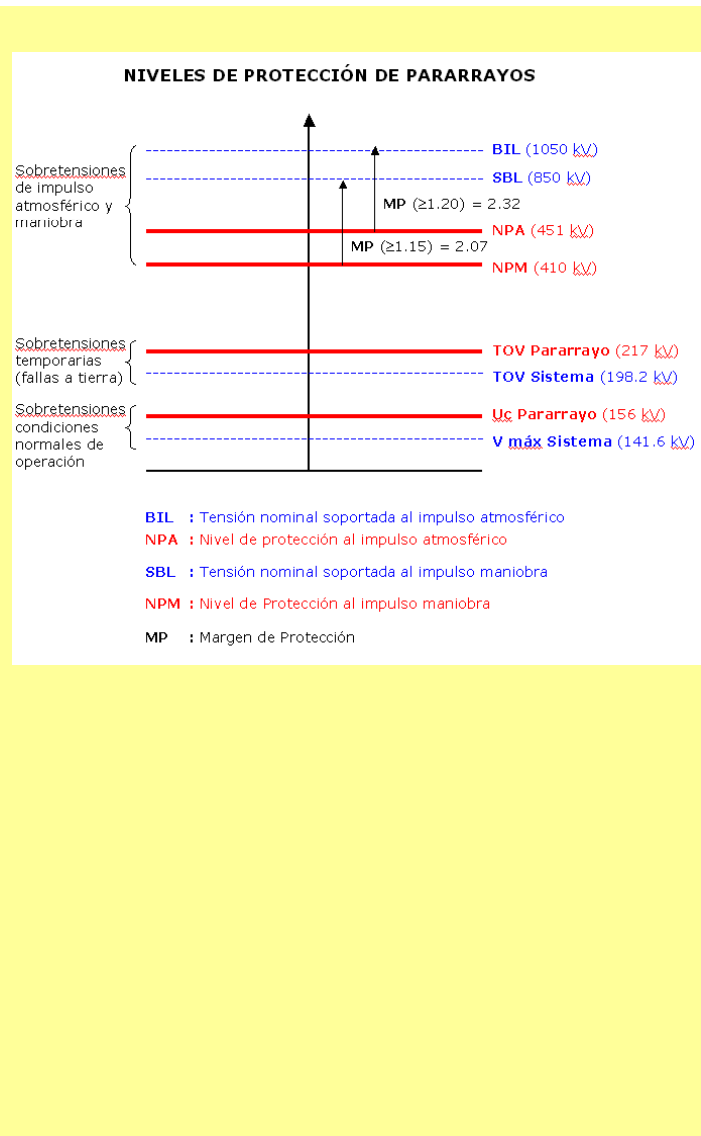


SELECCIÓN DEL PARARRAYO Calculo de los Niveles de Protección (220 kV)

- Las características de Nivel de Protección del Pararrayos para impulso **atmosférico (NPA)** ó su equivalente a la tensión máxima residual (8/20 μ s) para una corriente de descarga de 10 kA es de **451 kV**. Dichas características están dadas en una curva en función de la corriente de descarga del pararrayos.
- Las características de Nivel de Protección del Pararrayos para impulso tipo **maniobra (NPM)** ó su equivalente a la tensión máxima residual (30/60 μ s) para una corriente de impulso de maniobra de 2 kA es de **410 kV**



2.5 Pararrayos ó descargador de sobretensión



SELECCIÓN DEL PARARRAYO Evaluación (220 kV)

El gráfico muestra un resumen de los niveles protección obtenidos en el proceso de selección de los pararrayos así como también los márgenes de protección (MP) que para el caso de sobrentensiones de impulso tipo atmosférico es de 2.32 y de tipo maniobra 2.07.

Como regla hay que considerar lo siguiente:

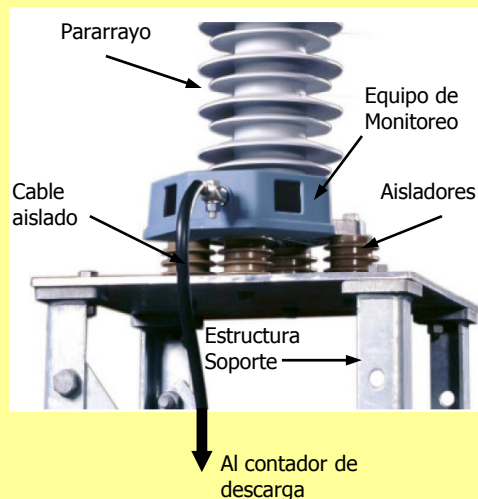
- 1.- Para sobrentensiones de impulso atmosférico y maniobra:
 - NPA (Pararrayo) < BIL (equipamiento)
 - NPM (Pararrayo) < SBL (equipamiento)
- 2.- Para sobrentensiones temporales
 - TOV (Pararrayo) > TOV (Sistema)
 - Uc (Pararrayo) > Vmáx (Sistema)



2.5 Pararrayos ó descargador de sobretensión

OTROS ACCESORIOS

CONTADOR DE DESCARGA



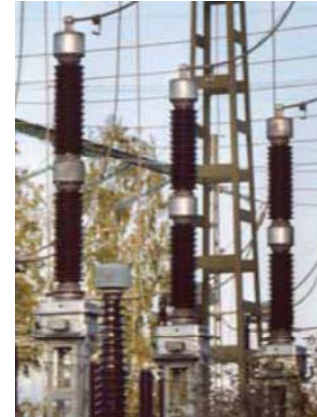
Contador de descarga; se conecta entre el borne de tierra del pararrayo y la tierra de la subestación con el fin de contar las descargas producidas, puede también incorporarse medidores de corriente de fuga. Estos contadores pueden ser análogos ó digitales y hasta con **monitoreo**. Para que el contador pueda registrar las descargas el pararrayos debe equiparse con aisladores en su base, luego el cable entre el terminal del pararrayo y el contador deberá ser aislado y del contador a tierra podrá ser desnudo, caso contrario la descarga a tierra puede producirse antes del contador sin posibilidad a que éste lo registre. El **equipo de monitoreo** es un accesorio adicional con el que se puede evaluar el estado del pararrayos por medio del registro periódico de la corriente de fuga, estos valores son almacenadas en una memoria y pueden ser extraídas posteriormente. El contador es un accesorio adicional al suministro del pararrayo.

Para evaluar los pararrayos de un circuito las corrientes de fuga (que se traducen pérdidas en Wats) en todas las fases deben ser similares y de un valor según el tipo de pararrayos. Existen equipos externos para medir la corriente de fuga en servicio y fuera de servicio.

Anillos equipotenciales; para uniformizar la distribución de voltaje a lo largo de la columna aislante. Este accesorio viene incluido en el suministro del pararrayo.



3. PRUEBAS ELÉCTRICAS DE EQUIPOS DE PATIO



3. PRUEBAS ELÉCTRICAS DE EQUIPOS DE PATIO

3.1 TRANSFORMADOR DE POTENCIA



3.2 INTERRUPTOR DE POTENCIA



3.3 TRANSFORMADOR DE CORRIENTE



3.4 TRANSFORMADOR DE TENSIÓN



3.5 PARARRAYOS



3.1 Transformador de Potencia

Pruebas Eléctricas

3.1.1 Pruebas de Factor de Potencia en bujes y devanados



3.1.2 Medición de corriente de Excitación



3.1.3 Medición de reactancia de dispersión



3.1.4 Prueba de barrido de frecuencia SFRA



3.1.5 Medición de Relación de Transformación



3.1.6 Medición de Resistencia de devanado

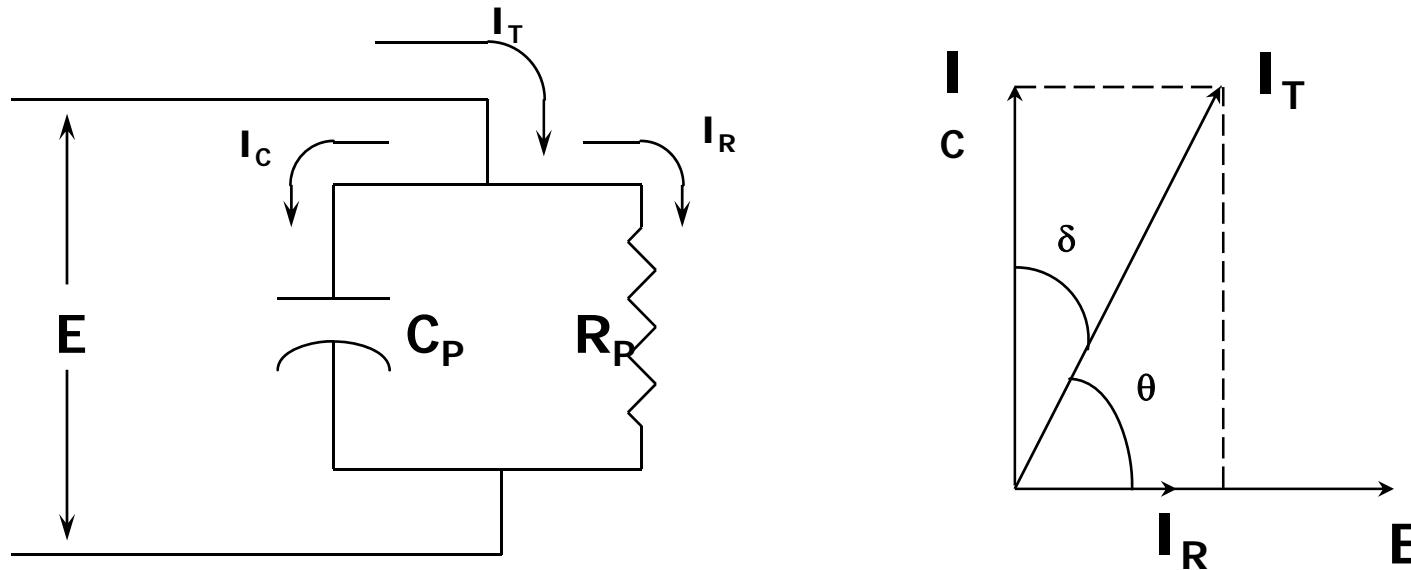


3.1.1 Pruebas de Factor de Potencia en Bujes y Devanado

Objetivo: Determinar el grado de deterioro del aislamiento (papel + aceite)

Consiste en aplicar tensión AC y obtener las características dieléctricas tales como pérdidas dieléctricas en Watts, la capacitancia en pF, la corriente total en Amp y el Factor de potencia en %

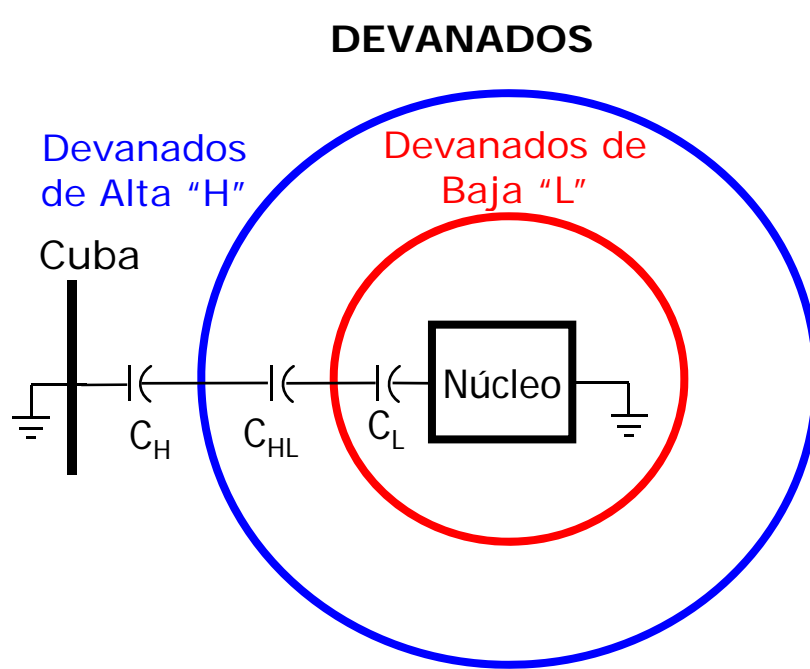
Equipo Utilizado : Equipo Analizador de Aislamiento (Marcas : Doble, Omicron)



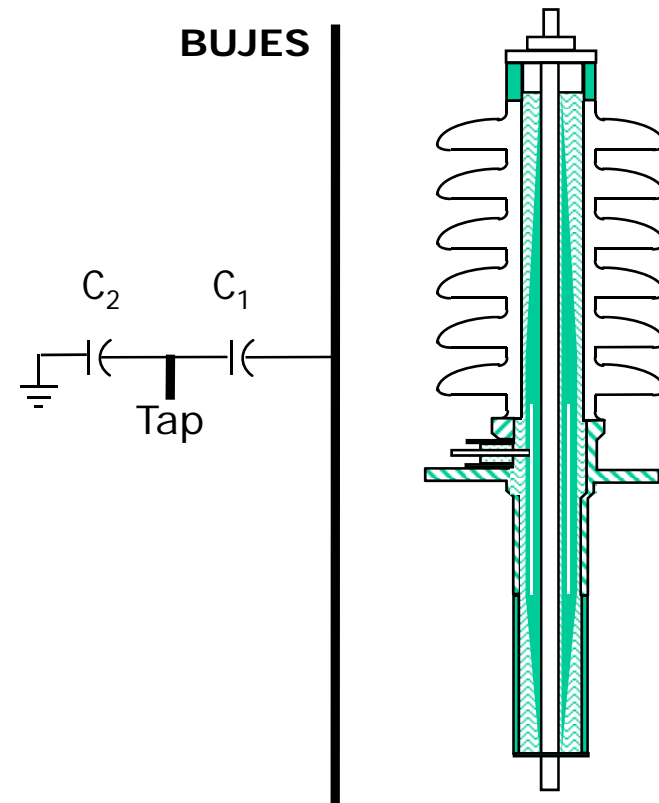
Factor de potencia = $\cos\theta$; Factor de disipación = $\text{Tangente}\delta$



3.1.1 Pruebas de Factor de Potencia en Bujes y Devanado



Se determinan las características dieléctricas entre devanados C_{HL} , y devanado a tierra C_H y C_L

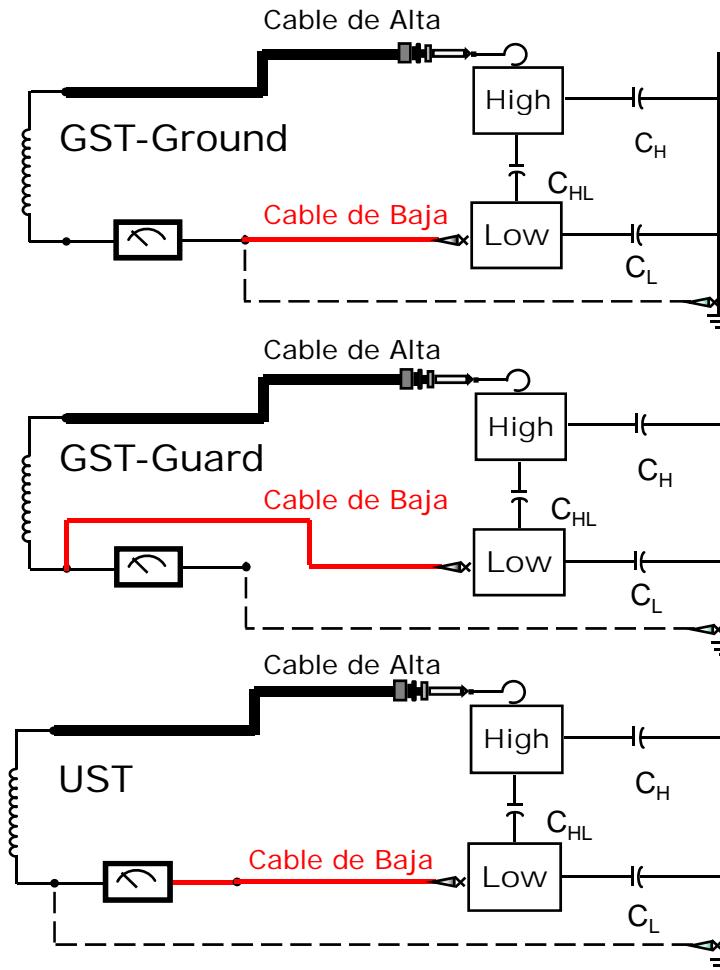


Se determinan las características dieléctricas en bujes entre el conductor y tap C_1 y el tap y tierra C_2



3.1.1 Pruebas de Factor de Potencia en Bujes y Devanado

MODOS DE PRUEBA – DEVANADOS



Prueba de espécimen aterrizado

$C_H + C_{HL}$

Prueba de espécimen aterrizado con uso de guarda

C_H

Prueba de espécimen sin aterrizaz

C_{HL}

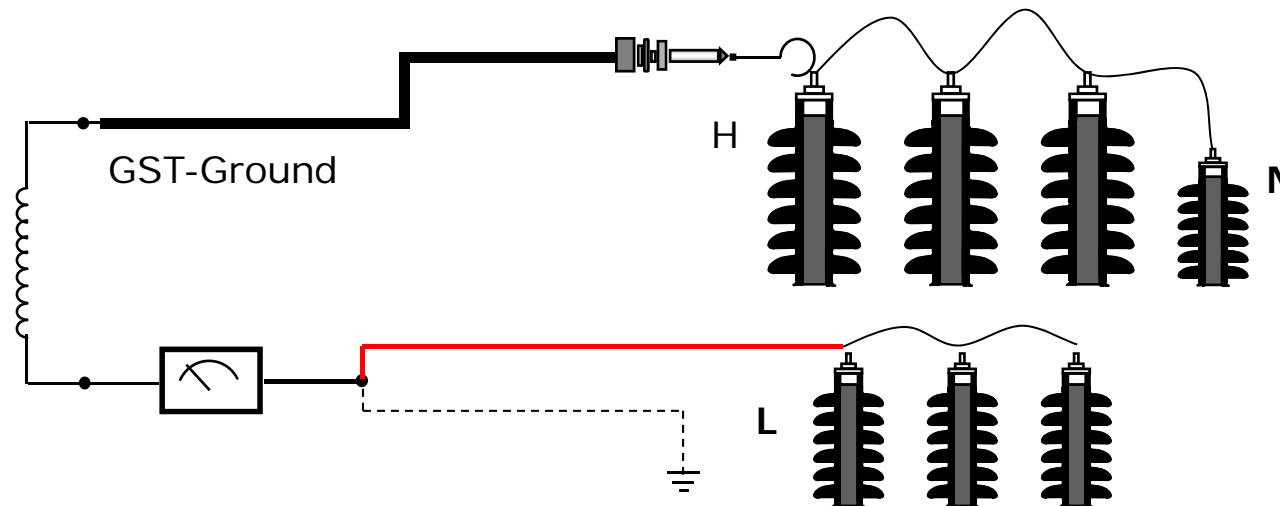


3.1.1 Pruebas de Factor de Potencia en Bujes y Devanado

PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS – DEVANADOS

- 1º El Transformador debe estar fuera de servicio y desconectado del sistema
- 2º Se realiza la preparación del equipo de prueba
- 3º Se realizan las conexiones en el transformador (Cables de Alta, Baja y puentes)
- 4º Realizar las pruebas de inyección de voltaje.

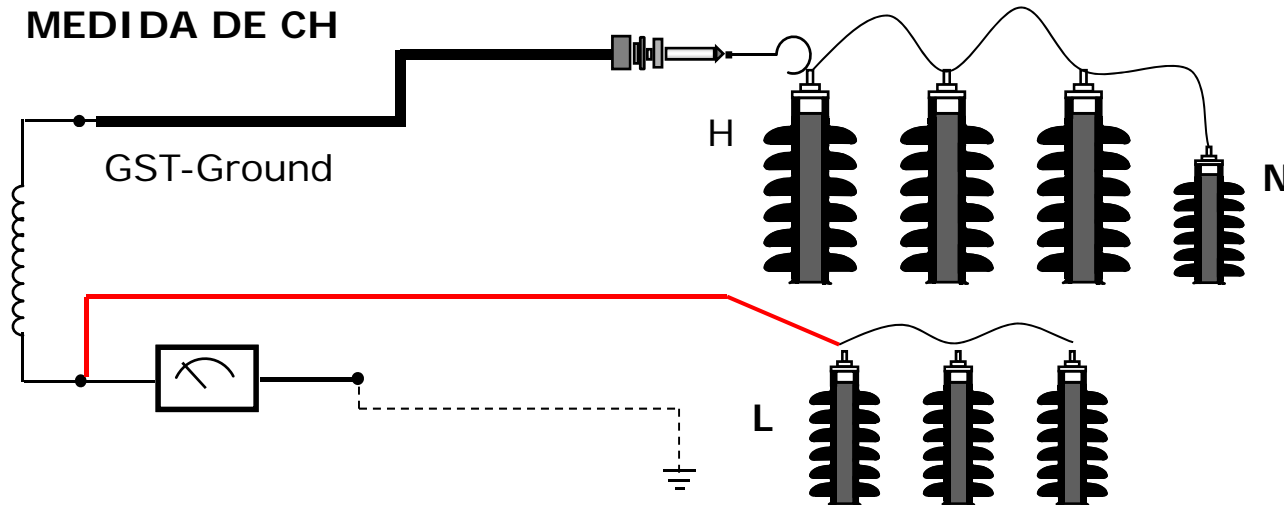
MEDIDA DE CH + CHL



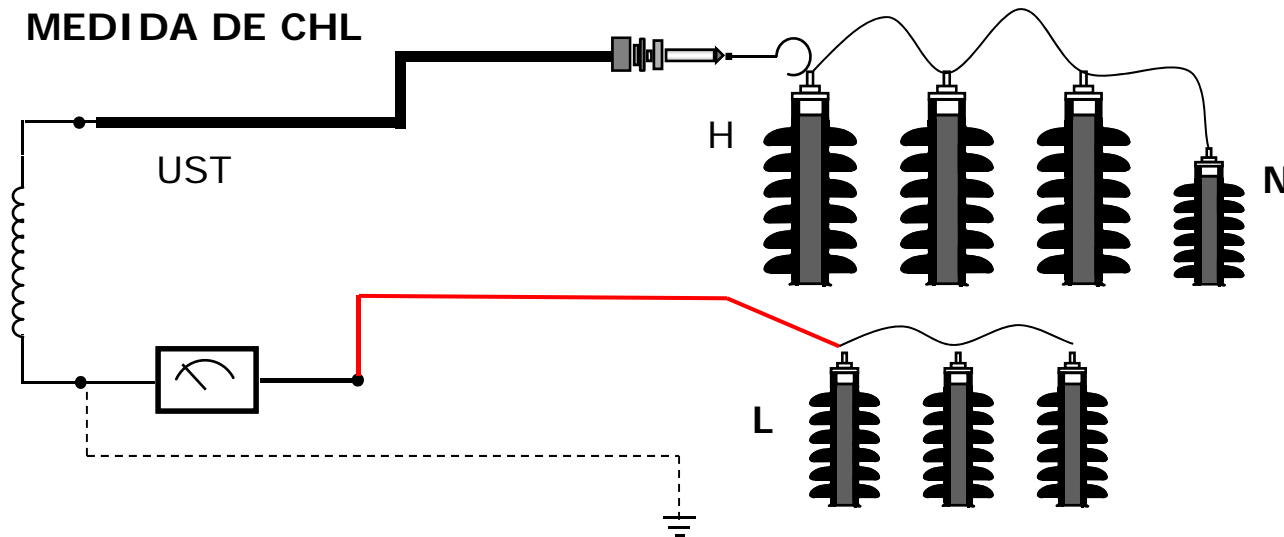
3.1.1 Pruebas de Factor de Potencia en Bujes y Devanado

PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS – DEVANADOS

MEDIDA DE CH

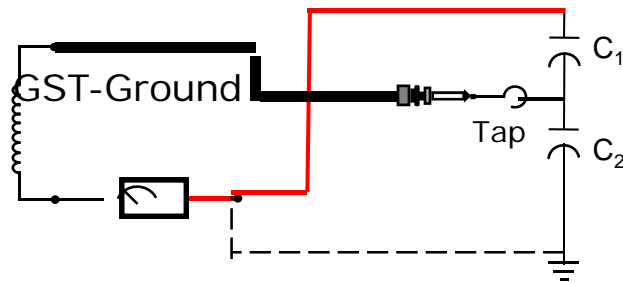


MEDIDA DE CHL

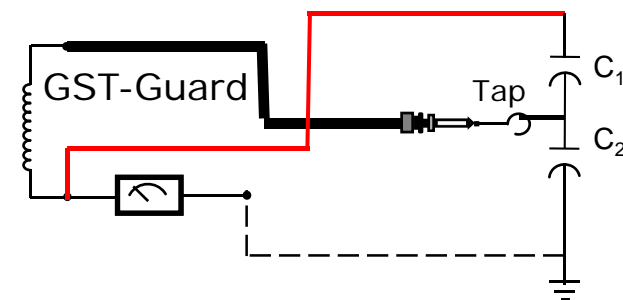


3.1.1 Pruebas de Factor de Potencia en Bujes y Devanado

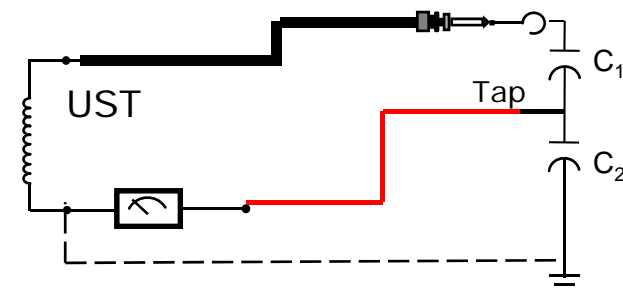
MODOS DE PRUEBA – BUJES



Prueba de espécimen aterrizado
 $C_1 + C_2$



Prueba de espécimen aterrizado
con uso de guarda
 C_2



Prueba de espécimen sin aterrizar
 C_1

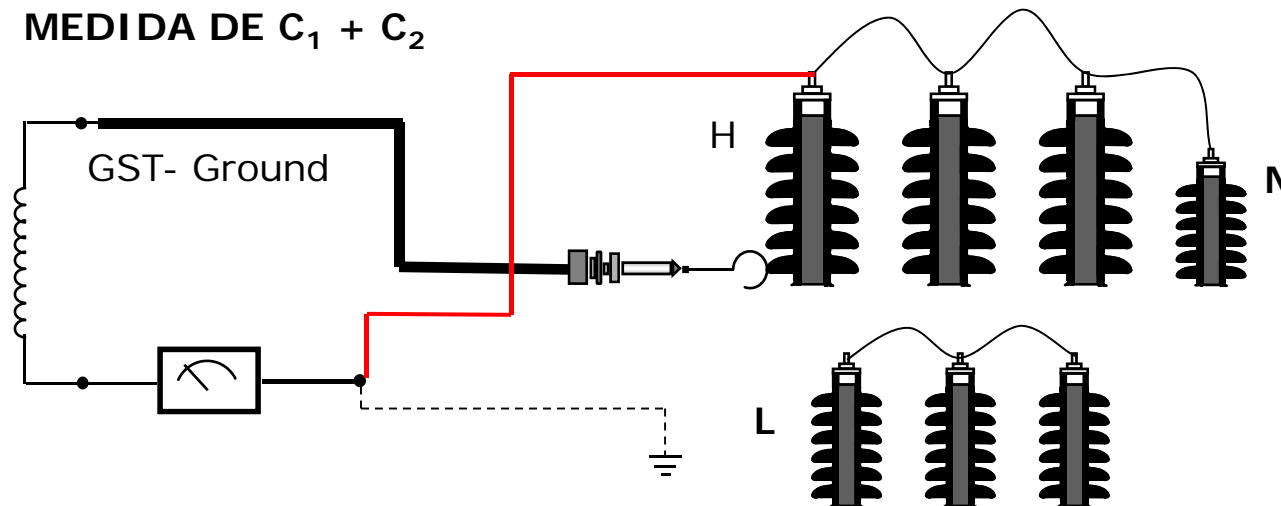


3.1.1 Pruebas de Factor de Potencia en Bujes y Devanado

PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS – BUJES

- 1º El Transformador debe estar fuera de servicio y desconectado del sistema
- 2º Se realiza la preparación del equipo de prueba
- 3º Se realizan las conexiones en el transformador (Cables de Alta, Baja y puentes)
- 4º Se retira la tapa del tap de prueba, se instala adaptador y se mide continuidad a tierra
- 5º Se realizan las pruebas de inyección de voltaje.

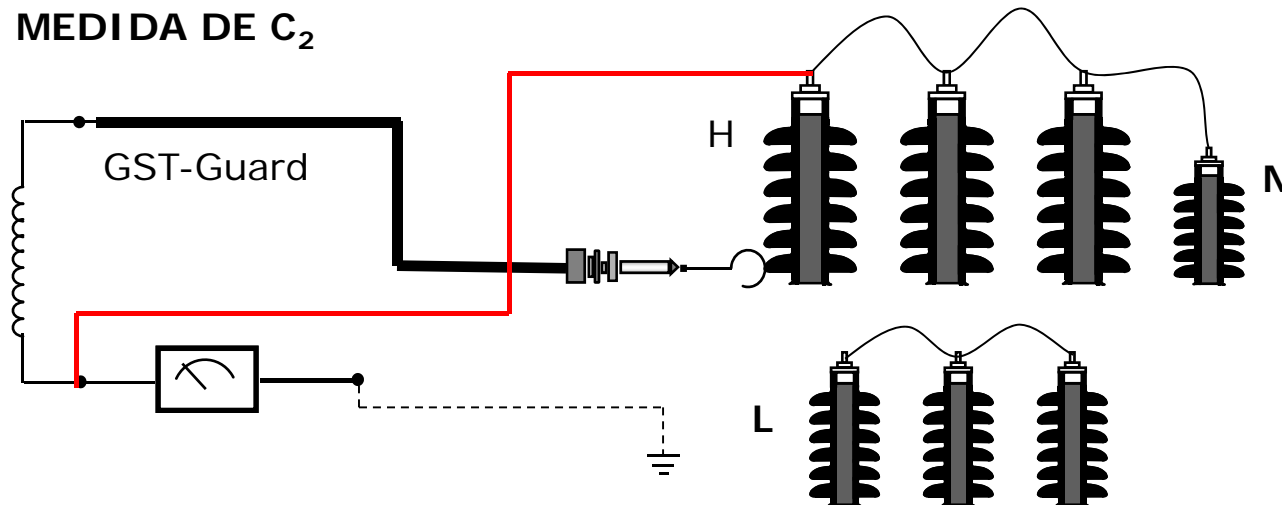
MEDIDA DE $C_1 + C_2$



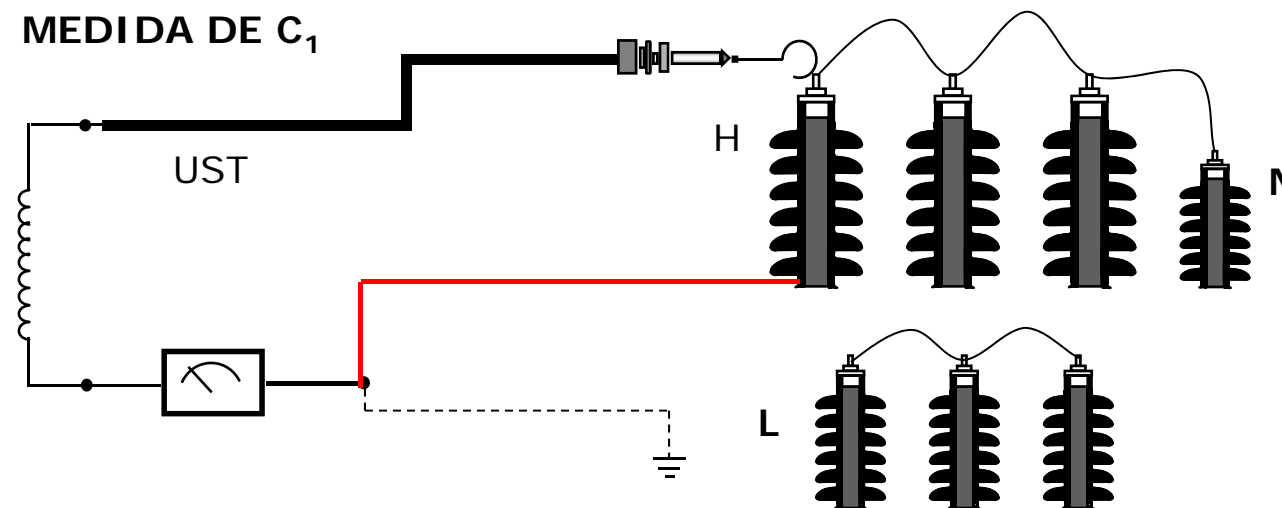
3.1.1 Pruebas de Factor de Potencia en Bujes y Devanado

PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS – BUJES

MEDIDA DE C_2



MEDIDA DE C_1



3.1.1 Pruebas de Factor de Potencia en Bujes y Devanado

RESULTADOS DE PRUEBA

Resultados de Prueba										
No	ID Prueba	C Desc. L Circ.	kV	mA	Watts	Med. %FP	Corr. Fctr	Corr. %FP	Cap./ Ind.	R T
1	CH+CHL	A TIERRA-RA	2.500	27.579	0.731	0.265	0.95	0.252	7315.51	pF
2	CH+CHL	A TIERRA-RA	10.00	27.589	0.763	0.277	0.95	0.263	7318.10	pF
3	CH	A GUARDA-A	2.500	13.706	0.399	0.291	0.95	0.276	3635.66	pF
4	CH	A GUARDA-A	10.00	13.711	0.412	0.301	0.95	0.286	3636.87	pF
5	CHL	A UST-A	2.500	13.878	0.371	0.268	0.95	0.255	3681.12	pF
6	CHL	A UST-A	10.00	13.883	0.387	0.279	0.95	0.265	3682.45	pF
7	CL+CHL	A TIERRA-RA	2.500	36.851	1.148	0.311	0.95	0.295	9774.77	pF
8	CL+CHL	A TIERRA-RA	10.00	36.927	1.251	0.339	0.95	0.322	9794.99	pF
9	CL	A GUARDA-A	2.500	23.029	0.876	0.381	0.95	0.362	6108.60	pF
10	CL	A GUARDA-A	10.00	23.037	0.883	0.383	0.95	0.364	6110.78	pF
11	CHL	A UST-A	2.500	13.872	0.371	0.268	0.95	0.255	3679.57	pF
12	CHL	A UST-A	10.00	13.876	0.390	0.281	0.95	0.267	3680.68	pF
13	C1-H3	A UST-A	2.500	0.986	0.046	0.465	1.00	0.465	261.60	pF
14	C1-H3	A UST-A	10.00	0.986	0.047	0.472	1.00	0.472	261.59	pF
15	C1-H2	A UST-A	2.500	0.960	0.045	0.468	1.00	0.468	254.76	pF
16	C1-H2	A UST-A	10.00	0.960	0.045	0.474	1.00	0.474	254.75	pF
17	C1-H1	A UST-A	2.500	1.015	0.045	0.442	1.00	0.442	269.29	pF
18	C1-H1	A UST-A	10.00	1.015	0.045	0.448	1.00	0.448	269.25	pF
19	C2-H3	A GUARDA-RA	1.000	6.607	0.386	0.584	1.00	0.584	1752.53	pF
20	C2-H2	A GUARDA-RA	1.000	6.496	0.303	0.466	1.00	0.466	1722.99	pF
21	C2-H1	A GUARDA-RA	1.000	6.410	0.297	0.464	1.00	0.464	1700.30	pF
22	Collar H0 Overall	A TIERRA-RA	10.00	0.138	0.078		1.00		36.47	pF
23	Collar H0 Sup.	A UST-A	10.00	0.103	0.071		1.00		27.24	pF
24	Collar H0 Inf.	A GUARDA-RA	10.00	0.035	0.010		1.00		9.25	pF
25	Collar X1 Overall	A TIERRA-RA	10.00	0.123	0.020		1.00		32.58	pF
26	Collar X1 Sup.	A UST-R	10.00	0.088	0.017		1.00		23.22	pF
27	Collar X1 Inf.	A GUARDA-RA	10.00	0.035	0.004		1.00		9.30	pF
28	Collar X2 Overall	A TIERRA-RA	10.00	0.114	0.016		1.00		30.14	pF
29	Collar X2 Sup.	A UST-R	10.00	0.076	0.013		1.00		20.18	pF
30	Collar X2 Inf.	A GUARDA-RA	10.00	0.037	0.004		1.00		9.93	pF
31	Collar X3 Overall	A TIERRA-RA	10.00	0.117	0.032		1.00		30.91	pF
32	Collar X3 Sup.	A UST-R	10.00	0.086	0.024		1.00		22.69	pF



3.1.1 Pruebas de Factor de Potencia en Bujes y Devanado

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Los resultados deben compararse con los obtenidos en pruebas anteriores y así determinar su tendencia
- Incremento en el Factor de Potencia, presume contaminación del aislamiento papel-aceite
- Variaciones en la capacitancia presume variaciones físicas, deformaciones, etc. En el caso de bujes las capacitancias deben de estar entre el 5 y 10% del valor indicado en placas
- Los aislamientos presentarán usualmente $FP < 0.5\%$ corregido a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. En el caso de bujes el FP de C_2 puede alcanzar el 1.0%
- Los FP muy altos, muy bajos ó negativos pueden ser originados por un falso aterramiento. En el caso de bujes puede influir la presencia de humedad en el tap de prueba.
- La capacitancia C_H es mayor que C_L
- La capacitancia C_1 es mayor que C_2

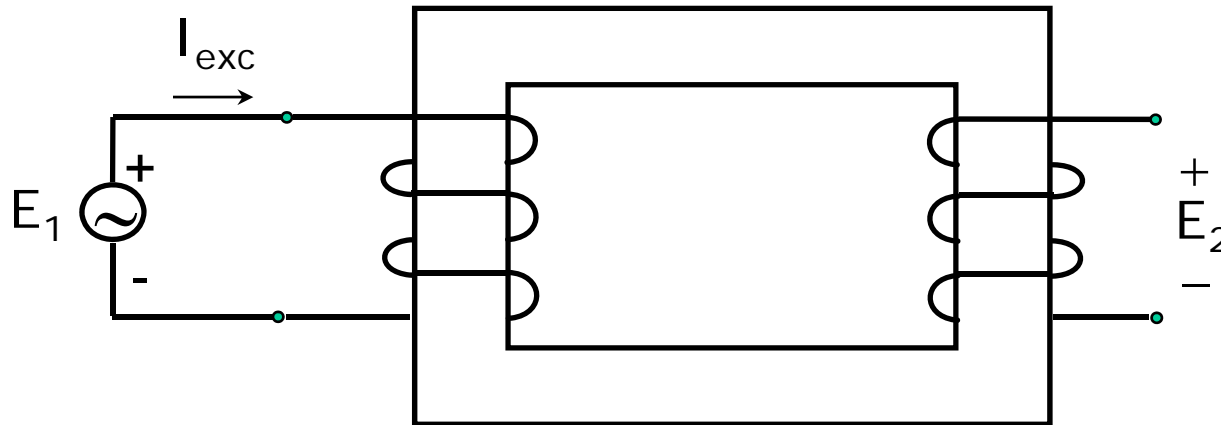


3.1.2 Medición de corriente de excitación

Objetivo: Descartar defectos de fabricación, cortocircuitos entre espiras, defectos en el cambiador de taps y problemas de aterramiento del núcleo.

Consiste en aplicar tensión AC con el fin de hacer circular una corriente en el primario que permita excitar el núcleo

Equipo Utilizado : Equipo Analizador de Aislamiento (Marcas : Doble, Omicron)



3.1.2 Medición de corriente de Excitación

RESULTADOS DE PRUEBA

Resultados de Prueba										
No	ID Prueba	C Desc. L Circ.	kV	mA	Watts	Med. %FP	Corr. Fctr	Corr. %FP	Cap./ Ind.	R T
1	CH+CHL	A TIERRA-RA	2.500	41.038	1.100	0.268	0.84	0.225	10885.46 pF	
2	CH+CHL	A TIERRA-RA	10.00	41.043	1.089	0.265	0.84	0.223	10886.84 pF	
3	CH	A GUARDA-A	2.500	15.109	0.399	0.264	0.84	0.222	4007.72 pF	
4	CH	A GUARDA-A	10.00	15.109	0.388	0.257	0.84	0.216	4007.66 pF	
5	CHL	A UST-A	2.500	25.922	0.690	0.266	0.84	0.223	6875.86 pF	
6	CHL	A UST-A	10.00	25.918	0.692	0.267	0.84	0.224	6874.86 pF	
7	CL+CHL	A TIERRA-RA	2.500	76.563	3.992	0.521	0.84	0.438	20308.44 pF	
8	CL+CHL	A TIERRA-RA	10.00	76.568	4.028	0.526	0.84	0.442	20309.82 pF	
9	CL	A GUARDA-A	2.500	50.631	3.297	0.651	0.84	0.547	13430.01 pF	
10	CL	A GUARDA-A	10.00	50.635	3.328	0.657	0.84	0.552	13430.94 pF	
11	CHL	A UST-A	2.500	25.919	0.687	0.265	0.84	0.223	6875.20 pF	
12	CHL	A UST-A	10.00	25.916	0.687	0.265	0.84	0.223	6874.41 pF	
13	C1-1U	A UST-A	2.500	1.477	0.034	0.230	1.19	0.274	391.89 pF	
14	C1-1U	A UST-A	10.00	1.477	0.035	0.240	1.19	0.286	391.73 pF	
15	C2-1U	A GUARDA-RA	1.000	4.708	0.084	0.177	1.19	0.211	1248.90 pF	
16	C1-1V	A UST-A	2.500	1.497	0.036	0.240	1.19	0.286	397.14 pF	
17	C1-1V	A UST-A	10.00	1.497	0.038	0.251	1.19	0.299	396.98 pF	
18	C2-1V	A GUARDA-RA	1.000	3.813	0.082	0.215	1.19	0.256	1011.51 pF	
19	C1-1W	A UST-A	2.500	1.480	0.034	0.230	1.19	0.274	392.47 pF	
20	C1-1W	A UST-A	10.00	1.479	0.036	0.242	1.19	0.288	392.31 pF	
21	C2-1W	A GUARDA-RA	1.000	3.988	0.080	0.200	1.19	0.238	1057.94 pF	
22	C1-1N	A UST-A	2.500	0.730	0.073	0.999	1.19	1.189	193.54 pF	
23	C1-1N	A UST-A	10.00	0.732	0.060	0.821	1.19	0.977	194.07 pF	
24	C2-1N	A GUARDA-RA	1.000	0.679	0.041	0.607	1.19	0.722	180.06 pF	
25	C1-2U collar	A TIERRA-RA	10.00	0.113	0.036		1.00		29.89 pF	
26	C1-2V collar	A TIERRA-RA	10.00	0.118	0.034		1.00		31.22 pF	
27	C1-2W collar	A TIERRA-RA	10.00	0.112	0.029		1.00		29.70 pF	
28	C1-1N collar	A GUARDA-RA	10.00	0.020	-0.005		1.00		5.32 pF	
29	C1-1N collar	A UST-A	10.00	0.102	0.070		1.00		27.04 pF	
30	C1-1N collar	A TIERRA-RA	10.00	0.122	0.064		1.00		32.33 pF	
31	EXIT 1U-1N (9)	A UST-A	10.00	28.484	213.819	75.067	1.00	75.067	1422.23 H	
32	EXIT 1V-1N (9)	A UST-A	10.00	18.761	147.159	78.441	1.00	78.441	2312.27 H	
33	EXIT 1W-1N (9)	A UST-A	10.00	30.661	225.432	73.524	1.00	73.524	1285.54 H	



3.1.2 Medición de la corriente de Excitación

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Ante presunción de cc entre espiras y espiras a tierra se podrán inyectar diferentes valores de tensión con el fin de evaluar las variaciones de corriente.
- La primera medición de corriente de excitación deberá realizarse para todas las posiciones de taps. Para pruebas posteriores la medición podrá realizarse en taps intermedios considerando las extremas y la neutral.
- Para transformadores tipo core se espera obtener corrientes de excitación altas e iguales para las fases extremas y una corriente menor para la fase intermedia.



3.1.3 Medición de reactancia de dispersión

Objetivo: Descartar posibles deformaciones en el bobinado del transformador de potencia producto de una falla o un movimiento brusco durante el transporte.

Debido a que todas las líneas de flujo no pueden ser confinados totalmente en el núcleo existe flujos dispersos en las zonas que ocupan los devanados.

Si el devanado sufriera algún tipo de deformación, ésta se reflejará en el valor de la reactancia de dispersión.

La reactancia de dispersión es independiente de la temperatura y de la contaminación

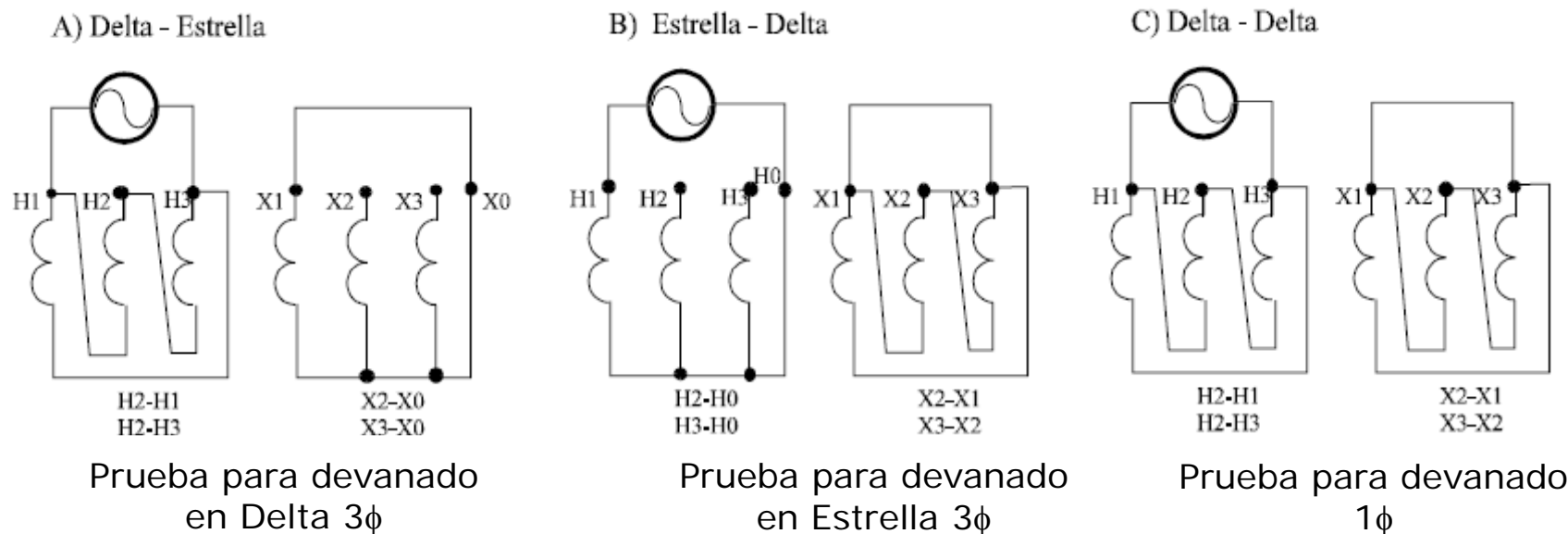
Para la medición de la reactancia de dispersión se cortocircuitará el devanado secundario

Equipo Utilizado : Módulo de reactancia de dispersión (Marca : Doble, Omicron) la cual trabaja conjuntamente con el equipo analizador de aislamiento.



3.1.3 Medición de reactancia de dispersión

PRUEBA POR FASE



$$\%X = \left[(1/30) X_M \right] \left[S_{3\phi} / V_{L-L}^2 \right]$$

$$\%X = \left[(1/10) X_M \right] \left[S_{3\phi} / V_{L-L}^2 \right]$$

$$\%X = \left[(1/10) X_M \right] \left[S / V^2 \right]$$

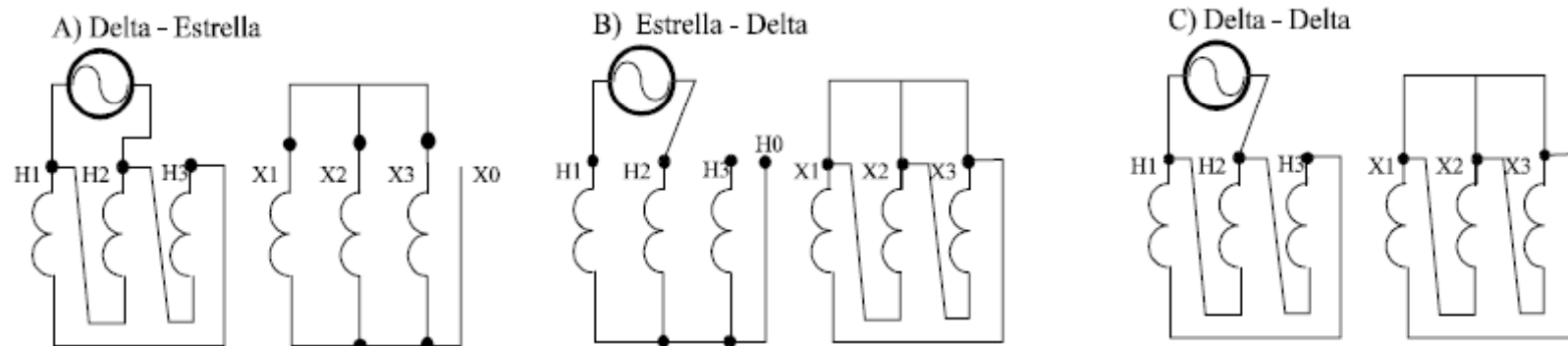
Donde:

X_M	:	Reactancia medida en ohms
$S_{3\phi}$:	Potencia Base en kVA, obtenida de placa
V_{L-L}	:	Voltaje fase – fase base, obtenida de placa



3.1.3 Medición de reactancia de dispersión

PRUEBA EQUIVALENTE TRIFÁSICO



Prueba para devanado
en Delta 3 ϕ

$$\%X = \left[(1/60) \sum X_M \right] \left[S_{3\phi} / V_{L-L}^2 \right]$$

Donde:

X_M	:	Reactancia medida en ohms
$S_{3\phi}$:	Potencia Base en kVA, obtenida de placa
V_{L-L}	:	Voltaje fase – fase base, obtenida de placa



3.1.3 Medición de reactancia de dispersión

RESULTADOS DE PRUEBA

Configuración									

Tipo de Devanado: Estrella - Delta									
Referencia									

TN	DETC	LTC	Fase	MVA Base	Voltios Base	Dato Pl. Ref.	%Imped.	%Imped.	Ref. %Reac.

Equivalente Trifásico									
1		9		75.000	220.000				
Resultados de Prueba									

TN	Fase		Corriente	Voltaje	Watts	Medición %FP	Induct.	Resist. (Ohms)	Imped. (Ohms)

Equivalente Trifásico									
1A	H1-H2		1.239 A	195.0 V	12.701 W	5.260	0.417 H	8.273	157.388
1B	H1-H3		1.227 A	193.0 V	10.760 W	4.548	0.416 H	7.143	156.889
1C	H2-H3		1.220 A	192.0 V	7.354 W	3.139	0.418 H	4.941	157.619

% Impedancia									

TN	Fase		% Imped.	Ref. %Imped.	Delta Ref. %				

Equivalente Trifásico									
1			12.187						

% Reactancia									

TN	Fase		% Reac	Ref. % Reac.	Delta Ref. %				

Equivalente Trifásico									
1			12.176						
Leakage Reactance Tests									
(Phase) [H-L]									

			Test Results						
LTC			Phase	Ind.	Res. (Ohms)	Imp. (Ohms)	XM Reac. (Ohms)		
			H1-H2	0.417 H	8.273	157.388	157.170		
9			H1-H3	0.416 H	7.143	156.889	156.726		
			H2-H3	0.418 H	4.941	157.619	157.541		

Test Results									

KVA _{base}		75000	Reactancia : % X = [(1/60) Σ (X _{ij})]x [S _{ij} /V _{L-L} ²]						
kV _{base}		220							
X _{base} (V _L)		12.1	X _{mediana} (V _L) : 12.18 %						
V ² L-L		48400	Error : ((V _T -VR) /V _T) *100						
Σ X _{med}		471.437	-0.62 %						



3.1.3 Medición de Reactancia de Dispersión

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Variaciones mayores a ± 2.5 % del valor original son considerados como cambios excesivos los cuales deben ser atendidos.
- Variaciones del ± 5 % del valor original ameritan el retiro del transformador.
- La primera medición de reactancia de dispersión deberá realizarse para todas las posiciones de taps. Para pruebas posteriores la medición podrá realizarse en la posición de taps que se indica en la placa de datos técnicos.



3.1.4 Prueba de barrido de frecuencia

Objetivo: Descartar posibles deformaciones en la parte activa del transformador (núcleo-bobina).

La configuración geométrica está relacionado a redes RLC que provienen del ensamblaje núcleo – bobinado. Dicha red consta de:

Resistores (resistencia del bobinado)

Inductores (Reactancia de magnetización, reactancia de dispersión, etc.)

Capacitores (Capacitancia entre espiras)

La prueba permitirá determinar el comportamiento de la impedancia de la red RLC en un rango específico de frecuencias de 20 Hz a 2 MHz.

A la red se inyecta una señal alterna (señal de entrada) y se mide una respuesta (señal de salida) ambas son comparadas fasorialmente, esta se conoce como Función de Transferencia $H(j\omega)$.

$$H(j\omega) = \frac{V_{\text{salida}}(j\omega)}{V_{\text{entrada}}(j\omega)}$$

$$\text{Magnitud (dB)} = 20 \log_{10} (|H(j\omega)|)$$

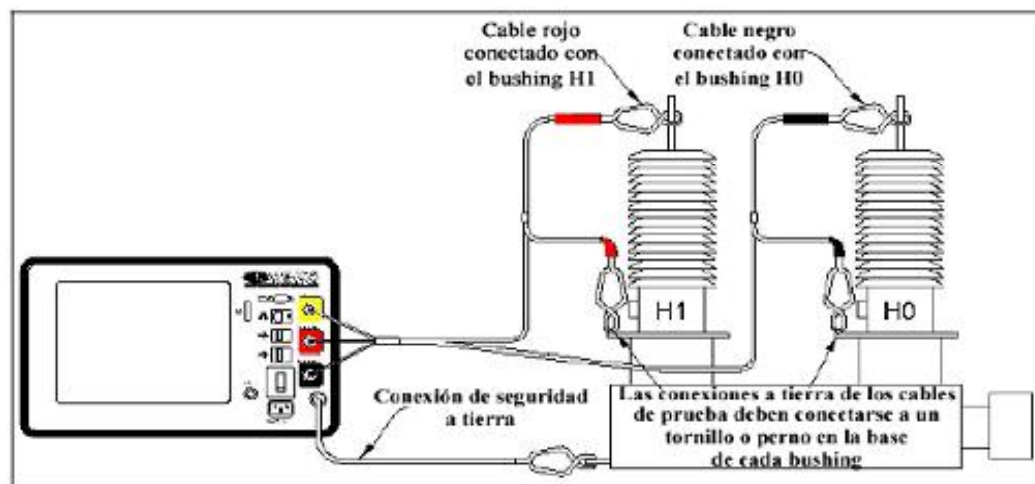
$$\text{Fase (}^\circ\text{)} = \tan^{-1} (\angle H(j\omega))$$

Equipo Utilizado : Equipo de barrido de frecuencia (Marca : Doble, Omicron)

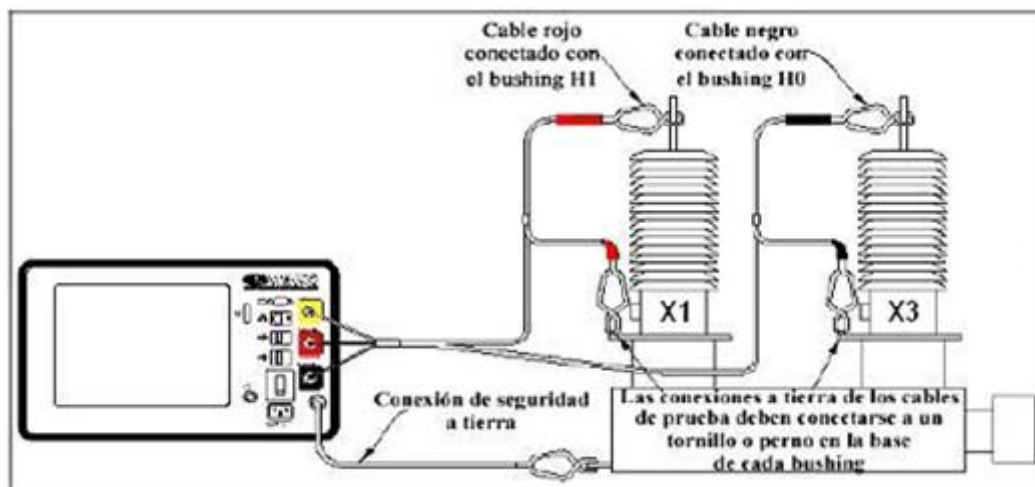


3.1.4 Prueba de barrido de frecuencia

PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS – DEVANADO EN ESTRELLA



PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS – DEVANADO EN DELTA



3.1.4 Prueba de barrido de frecuencia

CONEXIÓN DE LAS PRUEBAS – TRAFOS DE DOS BOBINADOS

	PRUEBAS DE CIRCUITO ABIERTO						PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO		
	Los demas bujes deben estar en flotación						x1-x2-x3 juntos en cortocircuito		
	Primario			Secundario			X0 en flotación		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D-y	H1-H3	H2-H1	H3-H2	X1-X0	X2-X0	X3-X0	H1-H3	H2-H1	H3-H2
Y-d	H1-H0	H2-H0	H3-H0	X1-X3	X2-X1	X3-X2	H1-H0	H2-H0	H3-H0
D-d	H1-H3	H2-H1	H3-H2	X1-X3	X2-X1	X3-X2	H1-H3	H2-H1	H3-H2
Y-y	H1-H0	H2-H0	H3-H0	X1-X0	X2-X0	X3-X0	H1-H0	H2-H0	H3-H0

CONEXIÓN DE LAS PRUEBAS – TRAFOS DE DOS BOBINADOS

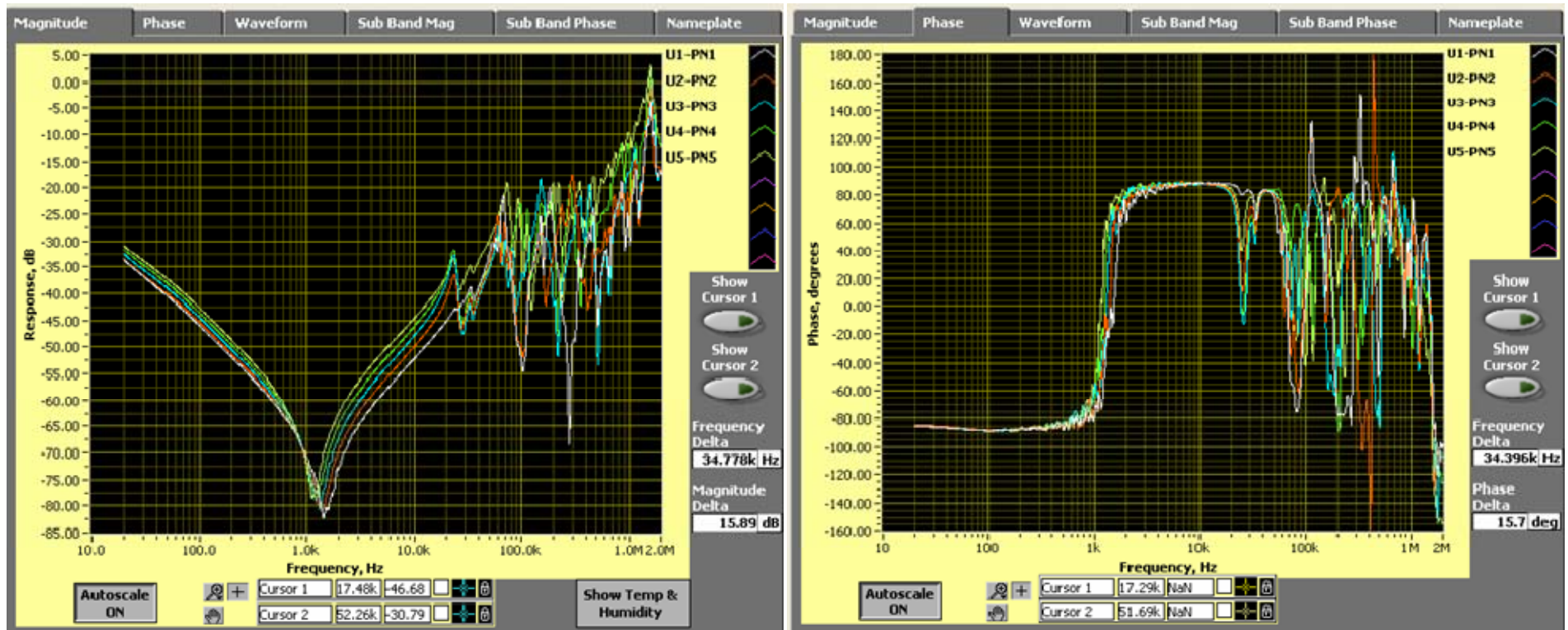
PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO - LOS DEMAS BUJES ESTAN EN FLOTACIÓN									
	Primario			Secundario			Terciario		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ydd	H1-H0	H2-H0	H3-H0	X1-X3	X2-X1	X3-X2	Y1-Y3	Y2-Y1	Y3-Y2
Dyy	H1-H3	H2-H1	H3-H2	X1-X0	X2-X0	X3-X0	Y1-Y0	Y2-Y0	Y3-Y0
Yyd	H1-H0	H2-H0	H3-H0	X1-X0	X2-X0	X3-X0	Y1-Y3	Y2-Y1	Y3-Y2

PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO									
	x1-x2-x3 juntos en cortocircuito			y1-x2-x3 juntos en cortocircuito			y1-y2-y3 Todos juntos en cortocircuito y en flotación (*)		
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Ydd	H1-H0	H2-H0	H3-H0	X1-X3	X2-X1	X3-X2	H1-H3	H2-H1	H3-H2
Dyy	H1-H3	H2-H1	H3-H2	X1-X0	X2-X0	X3-X0	H1-H0	H2-H0	H3-H0
Yyd	H1-H3	H2-H1	H3-H2	X1-X0	X2-X0	X3-X0	H1-H3	H2-H1	H3-H2



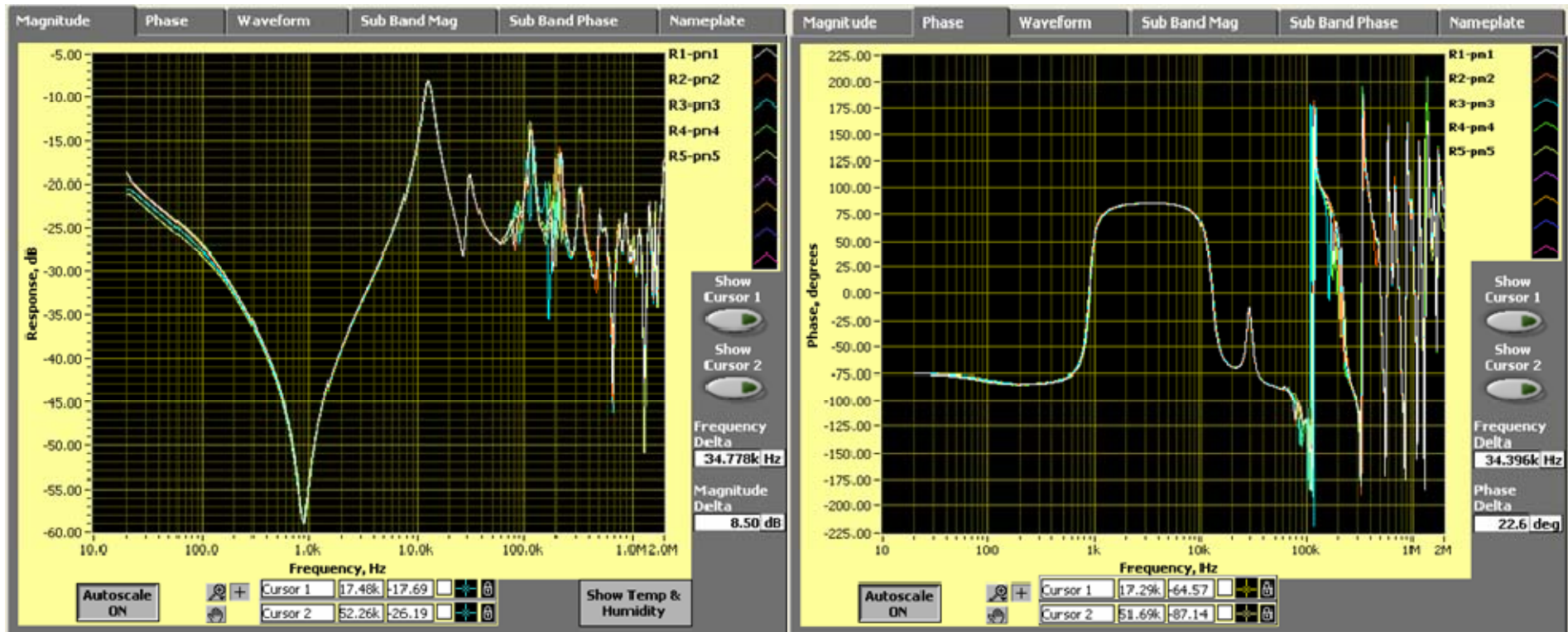
3.1.4 Prueba de barrido de frecuencia

RESULTADOS DE PRUEBA - Respuesta U - PN (Circuito Abierto) Taps 1, 2, 3, 4 y 5



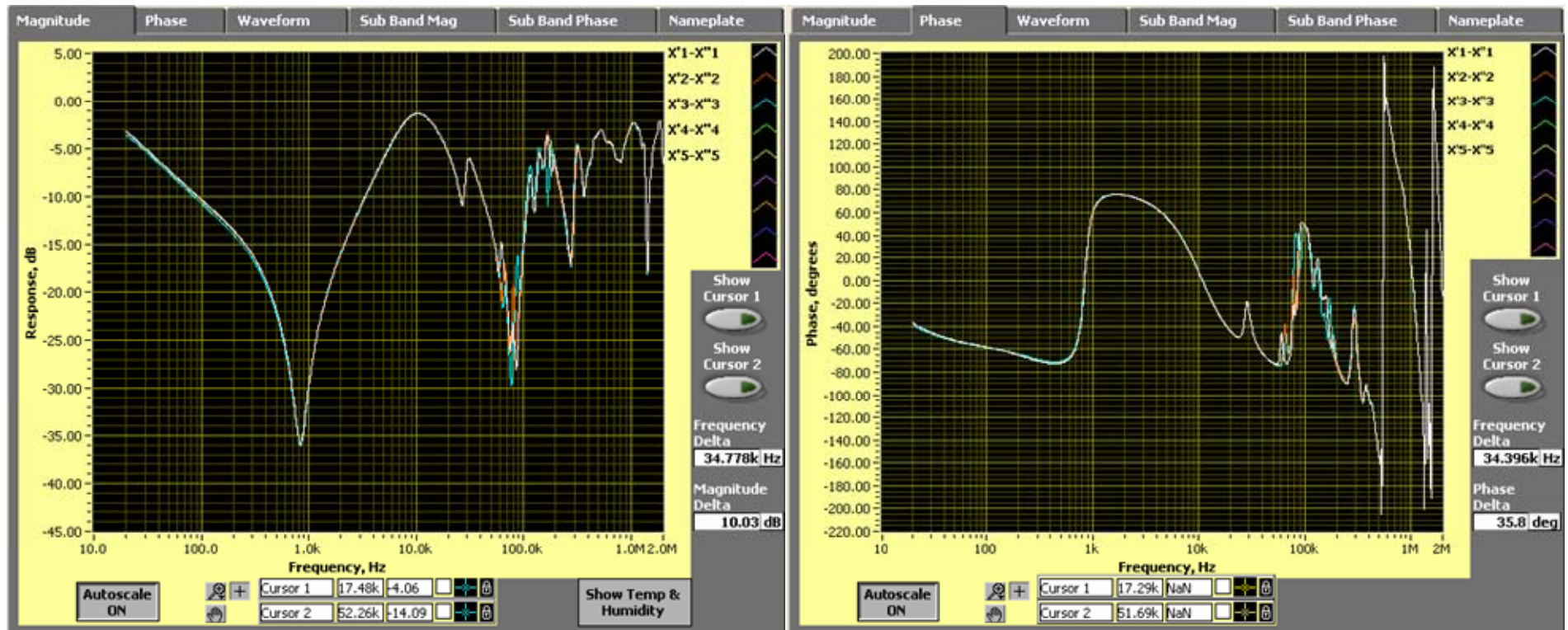
3.1.4 Prueba de barrido de frecuencia

RESULTADOS DE PRUEBA - Respuesta R - pn (Circuito Abierto) Taps 1, 2, 3, 4 y 5



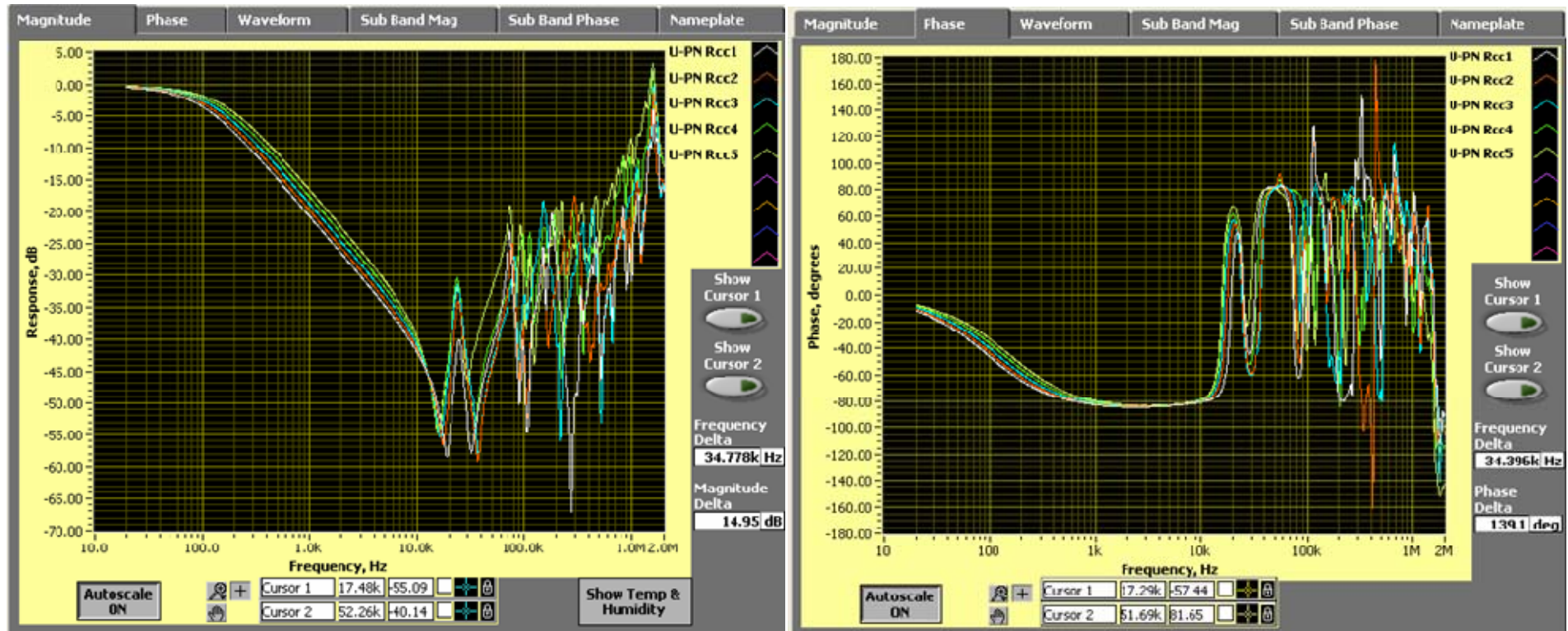
3.1.4 Prueba de barrido de frecuencia

RESULTADOS DE PRUEBA - Respuesta $X' - X''$ (Circuito Abierto) Taps 1, 2, 3, 4 y 5



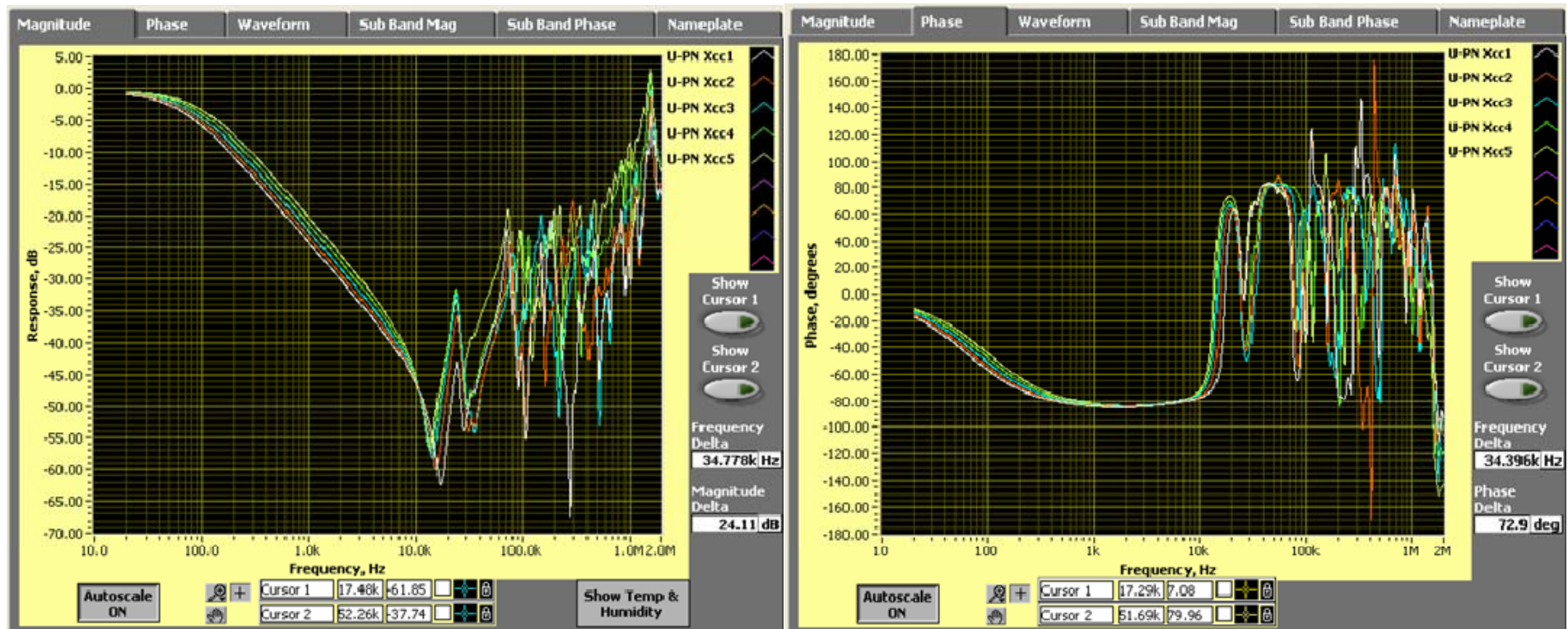
3.1.4 Prueba de barrido de frecuencia

RESULTADOS DE PRUEBA - Respuesta U - PN (R-pn en Corto Circuito) Taps 1, 2, 3, 4 y 5



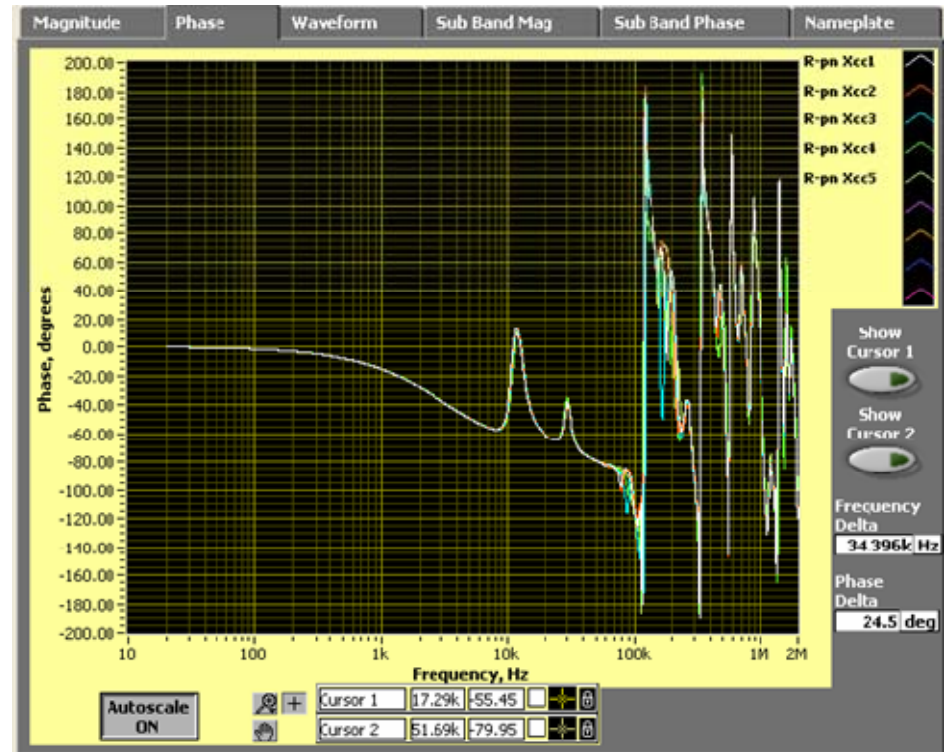
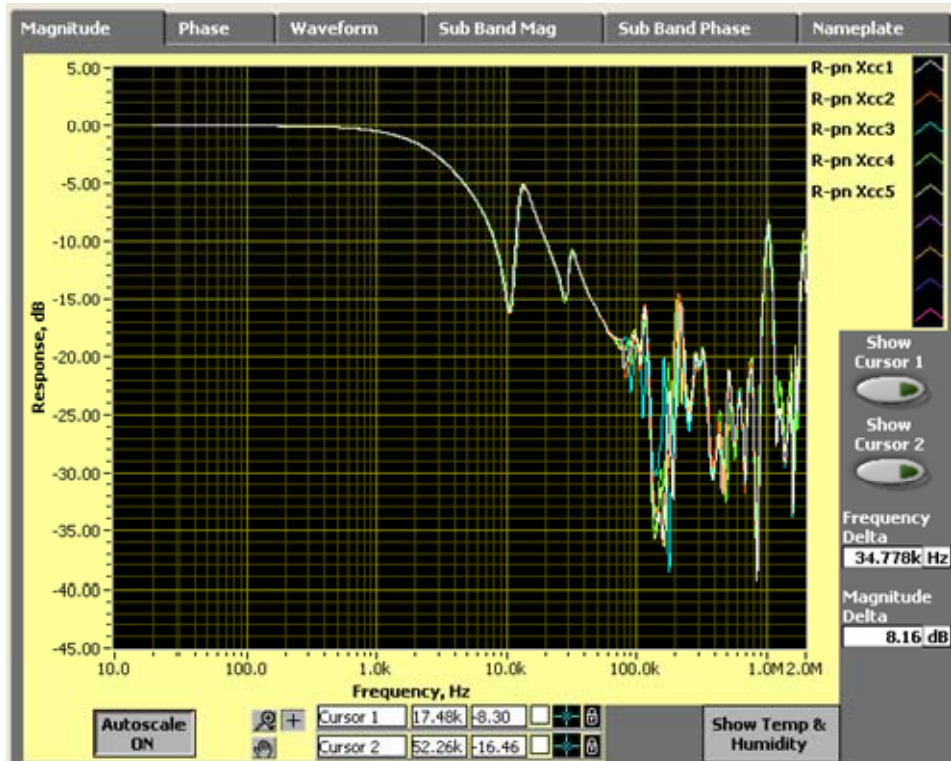
3.1.4 Prueba de barrido de frecuencia

RESULTADOS DE PRUEBA - Respuesta U - PN (X'-X" en Corto Circuito) Taps 1, 2, 3, 4 y 5



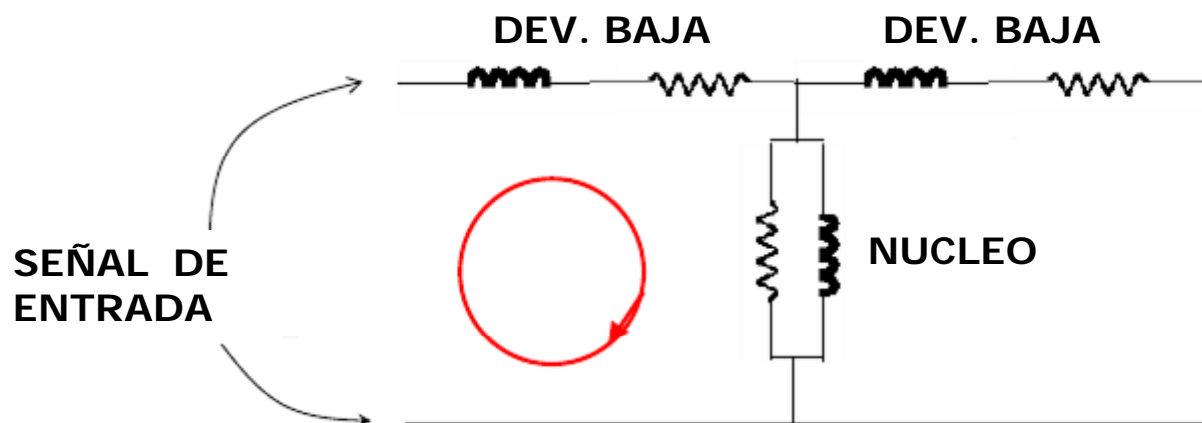
3.1.4 Prueba de barrido de frecuencia

RESULTADOS DE PRUEBA - Respuesta R - pn (X'-X" en Corto Circuito) Taps 1, 2, 3, 4 y 5



3.1.4 Pruebas de barrido de frecuencia

ANÁLISIS DE RESULTADOS – PRUEBAS A CIRCUITO ABIERTO

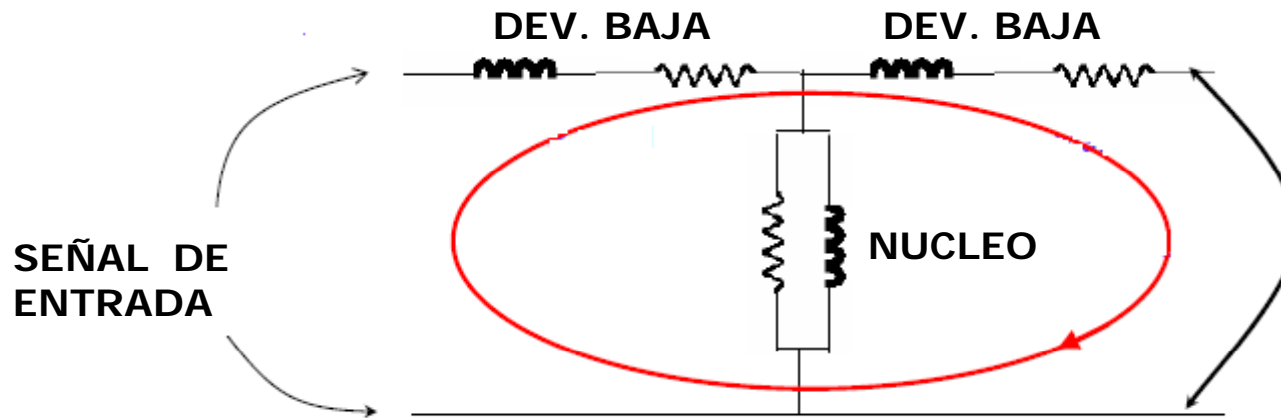


- A frecuencias menores a los 100 kHz se observa una tendencia similar de las gráficas
- En el rango de 20 Hz a 1 kHz predomina el comportamiento inductivo **influenciado mayormente por la reactancia de magnetización del núcleo**. Esto se verifica en el trazado de la fase en donde el ángulo es negativo.
- De 1kHz a los 100 kHz se hace predominante el comportamiento capacitivo **influenciado por las capacitancias entre bobinados, espiras y tierra** que están asociados a las características del estado del bobinado del transformador. Esto se verifica en el gráfico de la fase en donde el ángulo es positivo.
- Por encima de los 100 kHz las señales se desplazan a otros componentes como cables, terminales, etc



3.1.4 Pruebas de barrido de frecuencia

ANÁLISIS DE RESULTADOS – PRUEBAS EN CORTO CIRCUITO



- En frecuencias menores a los 100 kHz se observa una tendencia similar
- Se elimina el efecto del núcleo y la respuesta es dominada por los devanados
- En el rango de 20 Hz a 1 kHz predomina el comportamiento resistivo **influenciado mayormente por la resistencia del devanado**. Esto se verifica en el trazado de la fase en donde el ángulo es casi cero.
- De 1kHz a los 100 kHz se hace predominante el comportamiento inductivo **influenciado por la reactancia de dispersión** asociado a las características del estado del bobinado del transformador. Esto se verifica en el gráfico de la fase en donde el ángulo es positivo.
- Por encima de los 100 kHz las señales se desplazan a otros componentes



3.1.5 Medición de Relación de Transformación

RESULTADOS DE PRUEBA

RELACION DE TRANSFORMACION TRAF0 T26-11

Nº TAP	VOLTAJE (Voltios)		R.T. (TEÓRICO)	R.T. (REAL)			% ERROR		
	ALTA	BAJA		R	S	T	R	S	T
1	151800	10712	14.17102315	14.191	14.19	14.191	-0.1410	-0.1339	-0.1410
2	149500	10712	13.95631068	13.973	13.974	13.974	-0.1196	-0.1267	-0.1267
3	147200	10712	13.74159821	13.757	13.756	13.757	-0.1121	-0.1048	-0.1121
4	144900	10712	13.52688574	13.541	13.54	13.541	-0.1043	-0.0969	-0.1043
5	142600	10712	13.31217326	13.324	13.323	13.324	-0.0888	-0.0813	-0.0888
6	140300	10712	13.09746079	13.106	13.105	13.105	-0.0652	-0.0576	-0.0576
7	138000	10712	12.88274832	12.888	12.888	12.889	-0.0408	-0.0408	-0.0485
8	135700	10712	12.66803585	12.673	12.672	13.673	-0.0392	-0.0313	-7.9331
9	133400	10712	12.45332338	12.456	12.456	12.456	-0.0215	-0.0215	-0.0215
10	131100	10712	12.23861090	12.239	12.239	12.239	-0.0032	-0.0032	-0.0032
11	128800	10712	12.02389843	12.04	12.039	12.039	-0.1339	-0.1256	-0.1256
12	126500	10712	11.80918596	11.823	11.822	11.823	-0.1170	-0.1085	-0.1170
13	124200	10712	11.59447349	11.606	11.605	11.606	-0.0994	-0.0908	-0.0994
14	121900	10712	11.37976102	11.389	11.388	11.389	-0.0812	-0.0724	-0.0812
15	119600	10712	11.16504854	11.171	11.171	11.171	-0.0533	-0.0533	-0.0533
16	117300	10712	10.95033607	10.955	10.954	10.954	-0.0426	-0.0335	-0.0335
17	115000	10712	10.73562360	10.738	10.738	10.738	-0.0221	-0.0221	-0.0221
18	112700	10712	10.52091113	10.521	10.521	10.521	-0.0008	-0.0008	-0.0008
19	110400	10712	10.30619866	10.305	10.304	10.305	0.0116	0.0213	0.0116



3.2 Interruptor de potencia

Pruebas Eléctricas

3.2.1 Prueba de Factor de Potencia



3.2.2 Medición de tiempos de apertura y cierre



3.2.3 Medición de desplazamiento y velocidad de operación



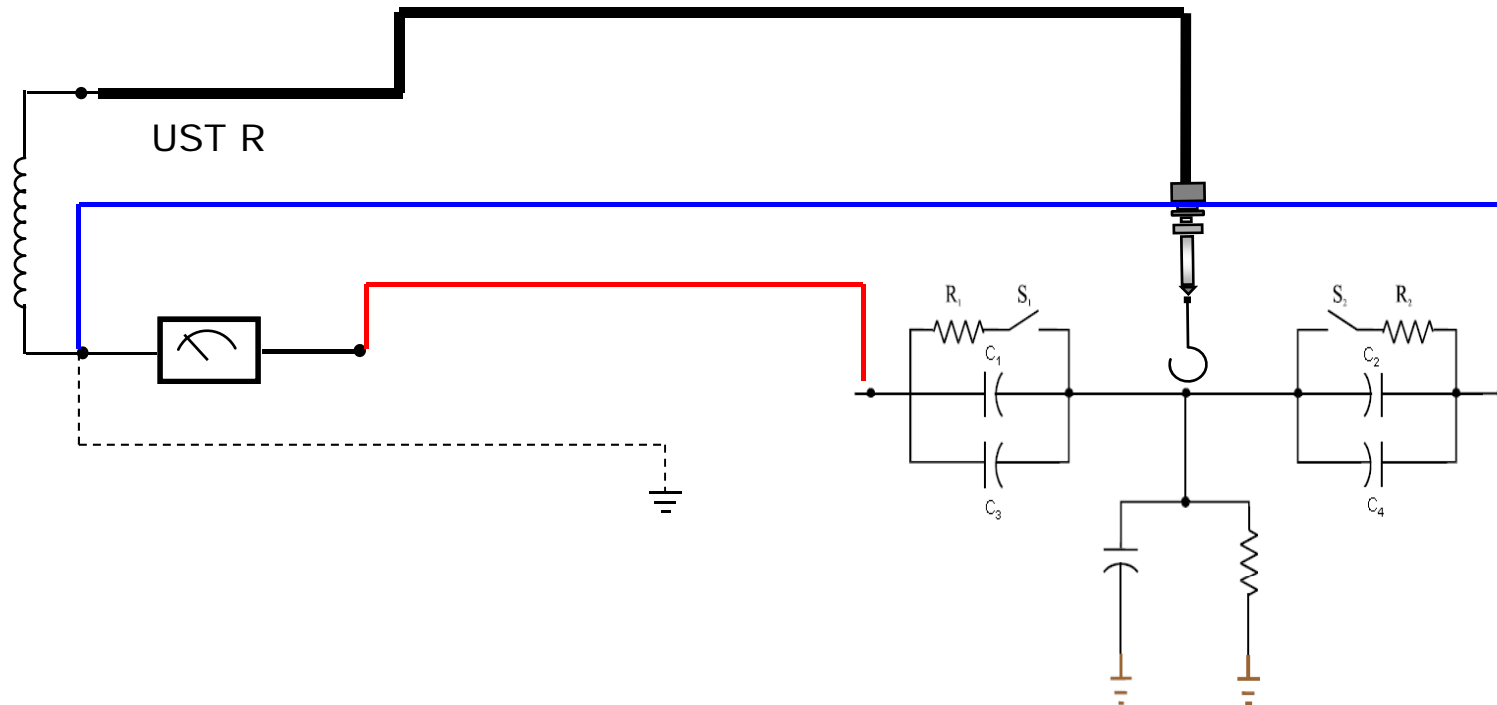
3.2.4 Medición de resistencias de contacto



3.2.1 Pruebas de Factor de Potencia

MODOS DE PRUEBA

MEDIDA DE $C_1 + C_3$



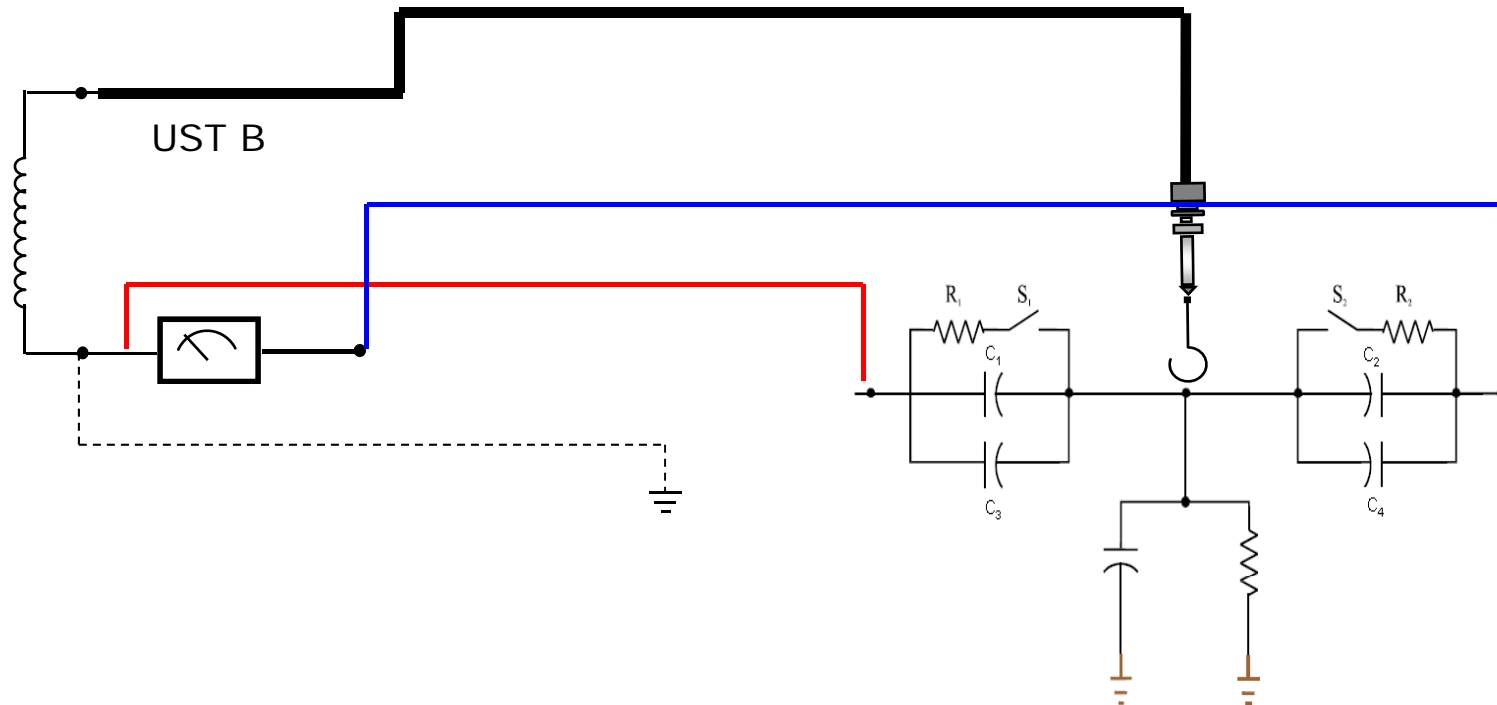
Interruptor en posición abierto



3.2.1 Pruebas de Factor de Potencia

MODOS DE PRUEBA

MEDIDA DE $C_2 + C_4$



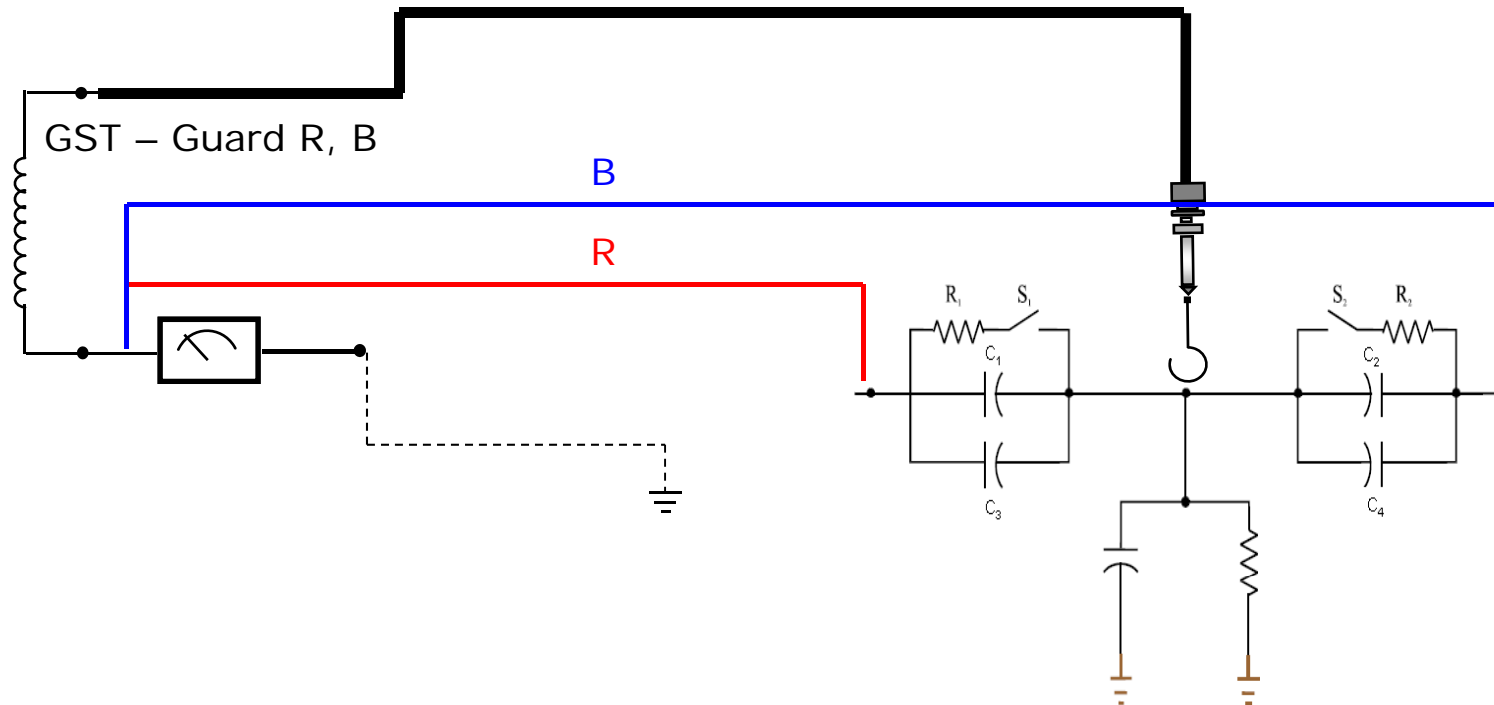
Interruptor en posición abierto



3.2.1 Pruebas de Factor de Potencia

MODOS DE PRUEBA

MEDIDA DE COLUMNA AISLANTE



Interruptor en posición abierto

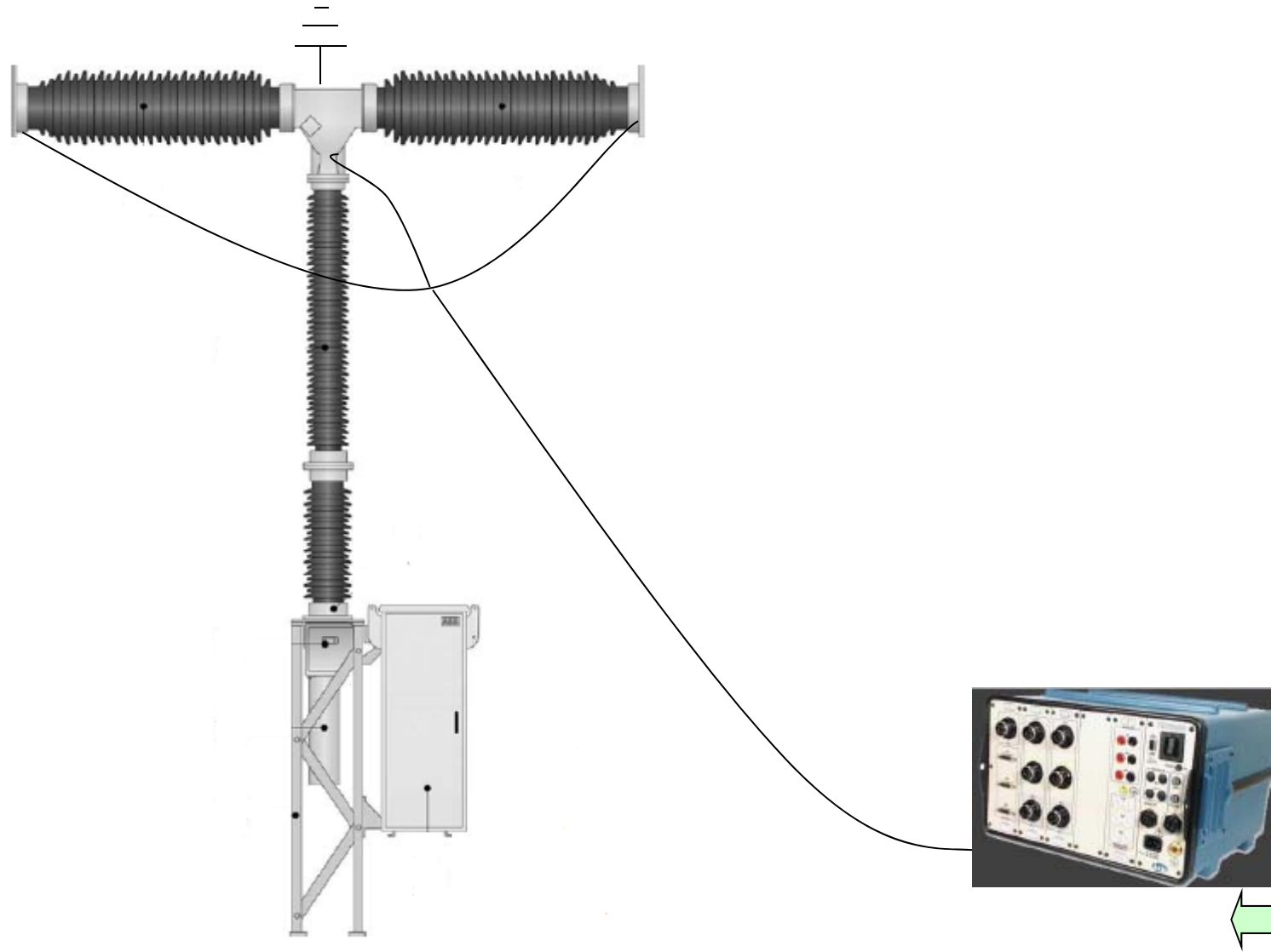


3.2.2 Medición de tiempos de apertura y cierre

- El interruptor está preparado para un ciclo de operación:
O-0.3s-CO-3min-CO
- Los polos deberán abrir y cerrar de manera casi simultánea con un desfase no mayor de 5ms entre.
- Los tiempos de apertura y cierre dependen mucho de los mecanismos de operación ó accionamiento del interruptor.



3.2.2 Medición de tiempos de apertura y cierre



3.2.2 Medición de tiempos de apertura y cierre

RESULTADOS DE PRUEBA

Descripción de las pruebas	Fase R/cámara	Fase S/cámara	Fase T/cámara	□ tiempo
Tiempos de operación cierre (mseg) Prueba 01	114.1 / 109.5	114.3 / 113.3	109.6 / 112.3	4.8 mseg. Bien
Tiempos de operación cierre (mseg) Prueba 02	113.7 / 109.3	114.7 / 114.7	109.9 / 112.6	5.4 mseg. Bien
Tiempos de operación cierre (mseg) Prueba 03	113.7 / 109.3	114.7 / 113.6	109.3 / 112.1	5.4 mseg. Bien
Tiempos de operación cierre (mseg) Prueba N° 04 (final)	113.7 / 109.1	115.1 / 113.9	109.5 / 112.3	6.0 mseg. Bien
Tiempos de operac. apertura bobina 1 (mseg) Prueba 01	35.6 / 38.5	39.0 / 39.8	36.6 / 34.3	5.5 mseg. Bien
Tiempos de operac. apertura bobina 1 (mseg) Prueba 02	35.5 / 38.4	37.9 / 38.6	35.8 / 33.5	5.1 mseg. Bien
Tiempos de operac. apertura bobina 1 (mseg) Prueba 03	35.6 / 38.5	39.0 / 39.8	36.4 / 34.2	5.1 mseg. Bien
Tiempos de operac. apertura bobina 1 (mseg) Prueba N° 04 (final)	35.8 / 38.7	39.7 / 40.5	36.4 / 34.1	6.4 mseg. Bien



3.2.3 Medición de desplazamiento y velocidad de operación

- El mecanismo de operación del interruptor, a través del almacenamiento de energía (resortes, neumático, hidráulico), permite la apertura ó cierre desplazando el contacto móvil ubicado en la cámara del interruptor.
- Esta prueba permitirá evaluar el comportamiento del desplazamiento del contacto móvil la cual puede ser representada por medio del desplazamiento (**angular** o **lineal**) del mecanismo de operación del interruptor.
 - * Mecanismo de operación a resortes : Desplazamiento angular.
 - * Mecanismo de operación neumático : Desplazamiento angular.
 - * Mecanismo de operación hidráulico : Desp. angular ó lineal
- La medición se realiza con un equipo analizador de interruptores el cual utiliza como accesorios a un transductor de desplazamiento y soportes varios por medio de los cuales se transfiere los valores de desplazamiento al equipo analizador.
- Se obtendrá una curva en donde se identificará el sobredesplazamiento, los rebotes y el desplazamiento final del contacto.



3.2.3 Medición de desplazamiento y velocidad de operación

Transductores para
desplazamiento **angular**



Transductores para
desplazamiento **lineal**



3.2.3 Medición de desplazamiento y velocidad de operación

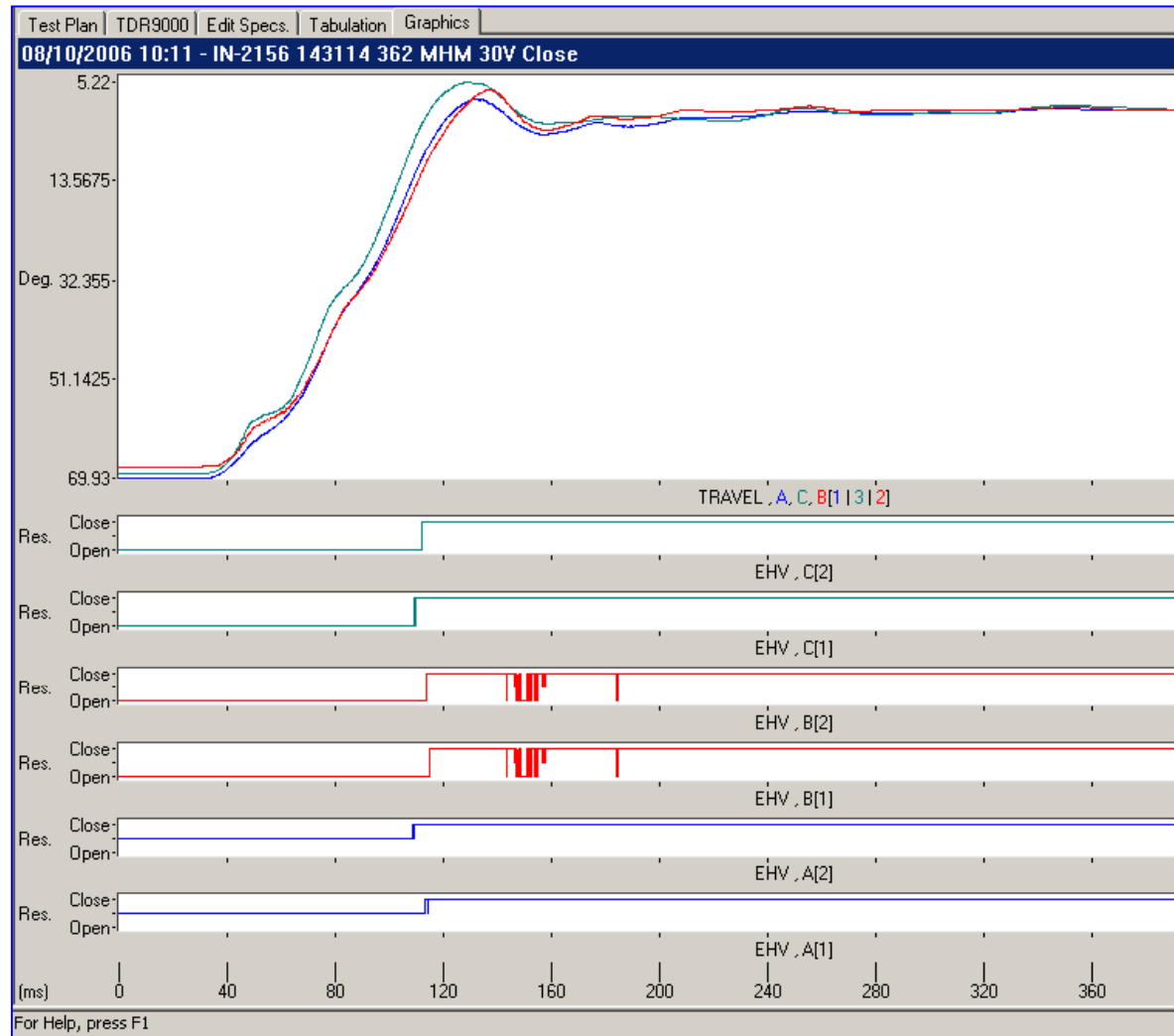
RESULTADOS DE PRUEBA

DESCRIPCIÓN	"R"	"S"	"T"	COMENTARIOS
- Desplazamiento angular al cierre (°)	70.2°	66.8°	67.8°	Antes
- <u>Sobredesplazamiento</u> (°)	1.0°	3.0°	5.8°	Falta de desplazamiento en
- Rebote (°)	4.2°	2.4°	0.8°	las fase S y T, fase R bien
- Desplazamiento angular al cierre (°)	69.8°	67.7°	68.9°	Después
- <u>Sobredesplazamiento</u> (°)	2.0°	3.8°	5.2°	Desplazamientos calibrados.
- Rebote (°)	4.7°	3.9°	2.7°	
- Desplazamiento angular a la apertura (°)	70.8°	66.5°	68.7°	Antes
- <u>Sobredesplazamiento</u> (°)	0.2°	0.5°	0.6°	Falta desplazamiento en las
- Rebote (°)	1.2°	0.5°	0.3°	fases S y T, fase R bien
- Desplazamiento angular a la apertura (°)	70.8°	68.0°	70.0°	Después
- <u>Sobredesplazamiento</u> (°)	0.2°	0.2°	0.5°	Desplazamientos calibrados
- Rebote (°)	0.9°	0.8°	0.5°	



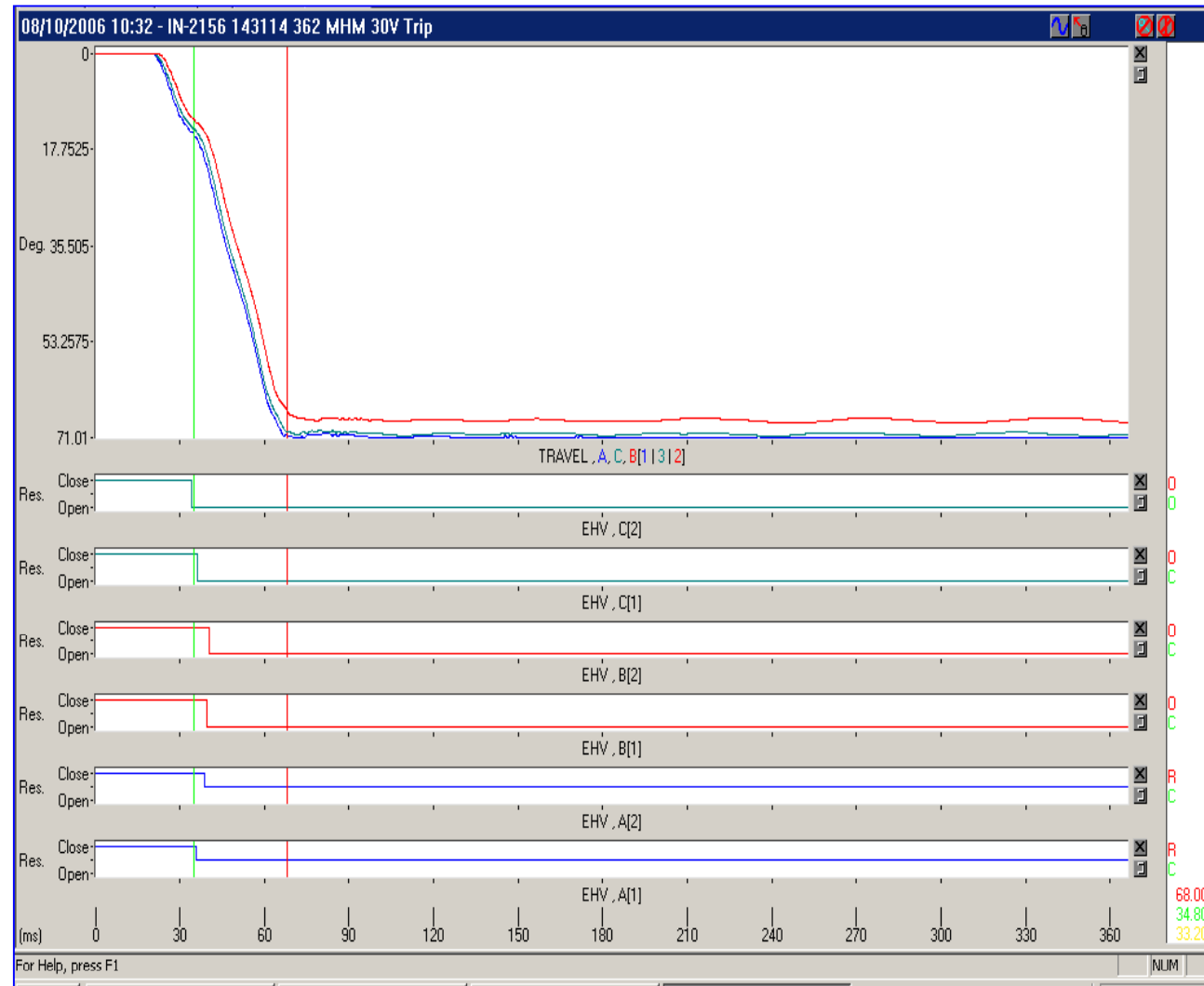
3.2.3 Medición de desplazamiento y velocidad de operación

RESULTADOS DE PRUEBA – CIERRE



3.2.3 Medición de desplazamiento y velocidad de operación

RESULTADOS DE PRUEBA – APERTURA



3.3 Transformador de Corriente

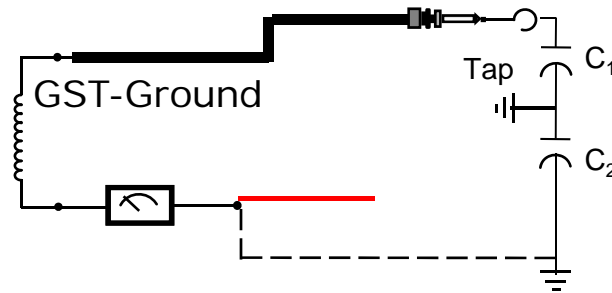
Pruebas Eléctricas

- 3.3.1 Prueba de Factor de Potencia
- 3.3.2 Medición de relación de transformación
- 3.3.3 Medición de resistencia de devanado en el secundario
- 3.3.4 Prueba de Saturación
- 3.3.5 Medición de resistencia de aislamiento

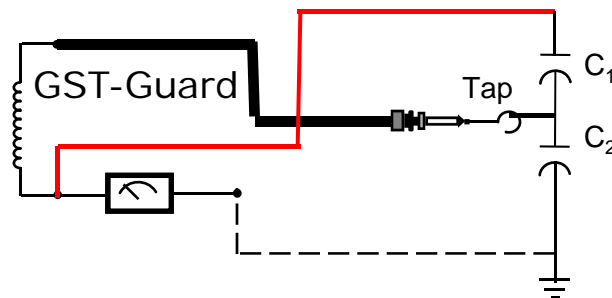


3.3.1 Pruebas de Factor de Potencia

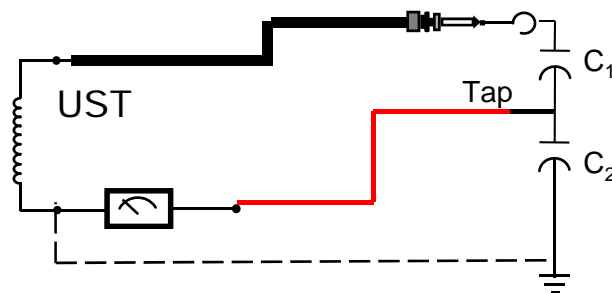
MODOS DE PRUEBA



Prueba de espécimen aterrizado
 C_n Overall



Prueba de espécimen aterrizado
con uso de guarda
 C_2



Prueba de espécimen sin aterrizar
 C_1

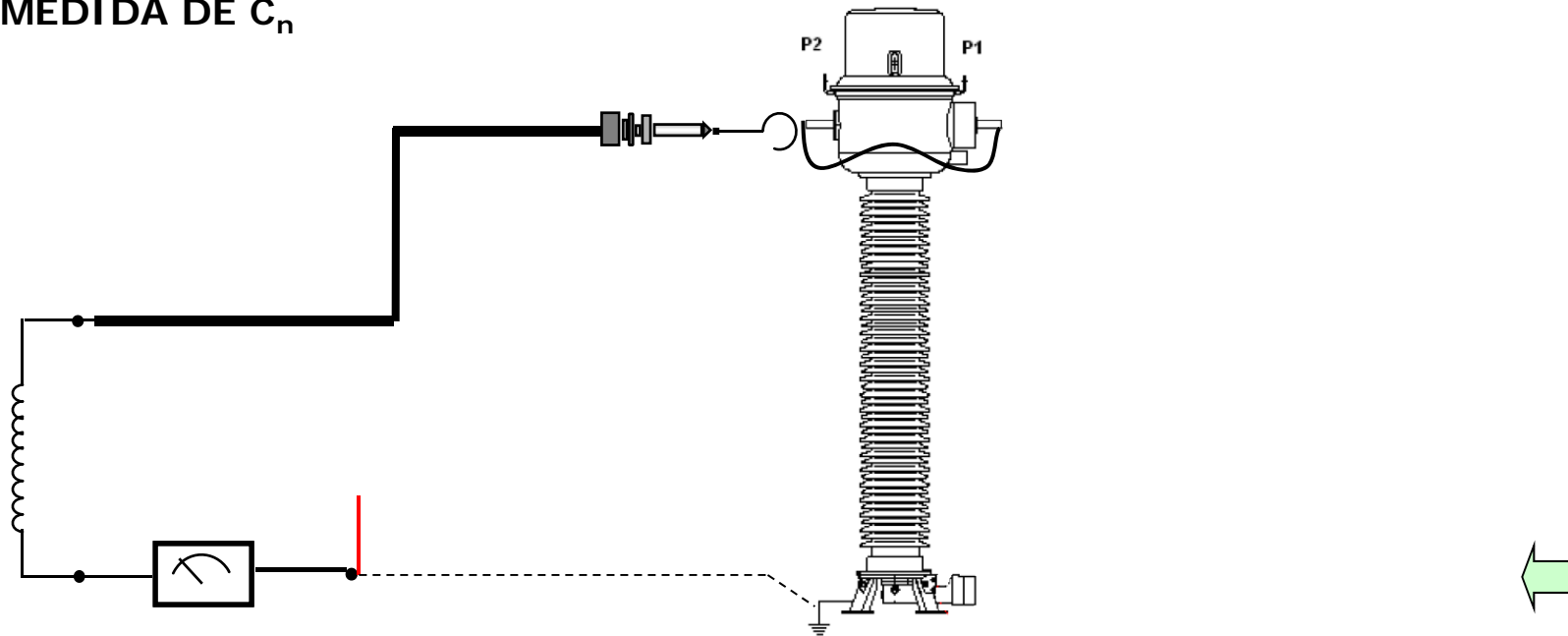


3.3.1 Pruebas de Factor de Potencia

PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS

- 1° El TC debe estar fuera de servicio y desconectado del sistema
- 2° Se realiza la preparación del equipo de prueba
- 3° Se realizan las conexiones del TC (Cables de Alta, Baja y puentes)
- 4° Se retira la conexión de tierra del tap, en caso de no tener tap medir únicamente con el modo de prueba GST – Ground
- 5° Se cc el devanado primario P1 y P2
- 6° Se cc el devanado secundario y se conecta a tierra
- 7° Se realizan las pruebas de inyección de voltaje.

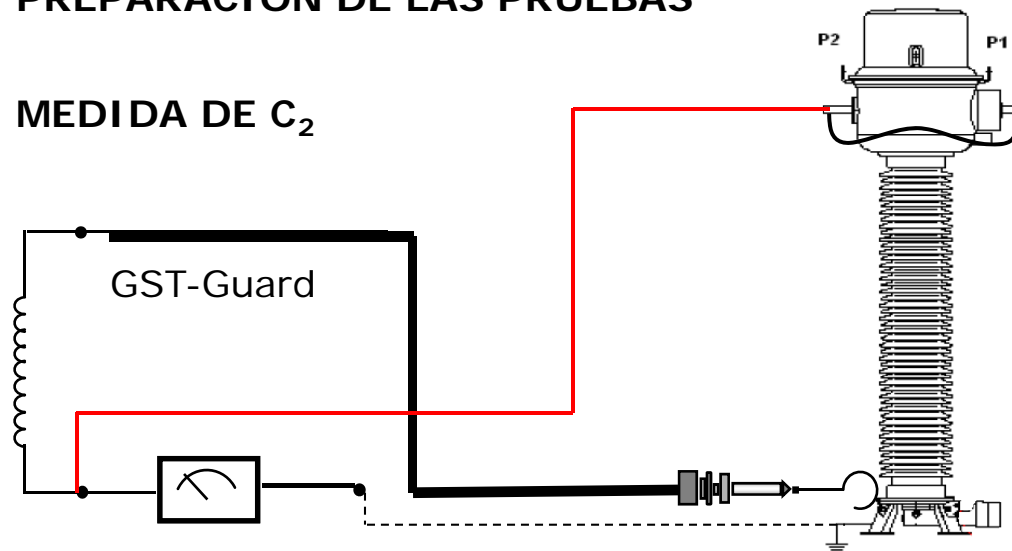
MEDIDA DE C_n



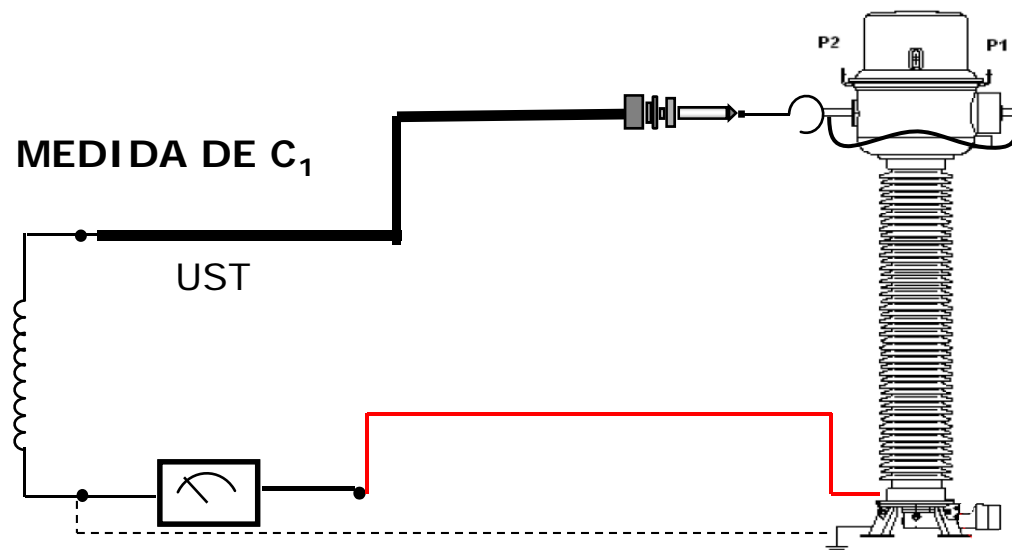
3.3.1 Pruebas de Factor de Potencia

PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS

MEDIDA DE C_2



MEDIDA DE C_1



3.3.1 Pruebas de Factor de Potencia

RESULTADOS DE PRUEBA

Test Results												

No	Serial No. / Test ID		L C	Circ. Desc.	kV	mA	Watts	Meas. %PF	Corr. Fact.	Corr. %PF	Cap./ Ind.	R T

1	FASE R	C1	A	UST-RB	2.000	2.343	0.059	0.25	1.00	0.25	621.5 pF	
2	FASE R	C1	A	UST-RB	10.00	2.344	0.061	0.26	1.00	0.26	621.8 pF	
3	FASE R	OVERALL	A	GND-RB	10.00	3.278	0.067	0.20	1.00	0.20	869.4 pF	
4	FASE R	C2	A	GAR-R	1.000	4.664	0.124	0.27	1.00	0.27	1237.1 pF	
5	FASE S	C1	A	UST-RB	2.000	2.224	0.047	0.21	1.00	0.21	590.0 pF	
6	FASE S	C1	A	UST-RB	10.00	2.225	0.048	0.22	1.00	0.22	590.2 pF	
7	FASE S	OVERALL	A	GND-RB	10.00	2.929	0.055	0.19	1.00	0.19	776.9 pF	
8	FASE S	C2	A	GAR-R	1.000	4.682	0.115	0.25	1.00	0.25	1241.8 pF	
9	FASE T	C1	A	UST-RB	2.000	2.241	0.058	0.26	1.00	0.26	594.5 pF	
10	FASE T	C1	A	UST-RB	10.00	2.242	0.060	0.27	1.00	0.27	594.8 pF	
11	FASE T	OVERALL	A	GND-RB	10.00	2.744	0.071	0.26	1.00	0.26	727.8 pF	
12	FASE T	C2	A	GAR-R	1.000	4.656	0.154	0.33	1.00	0.33	1235.1 pF	



3.3.2 Medición de relación de transformación

RESULTADOS DE PRUEBA

Conexión Prim.	Conexión Sec.	Relación Nominal	Corriente Prim Inyectada	Corriente Sec. Medida	Relación obtenida	%Error Corriente	Δ Ang.
2006381901/1 "R" P1-P2	1S1-1S2 1 Amp	150	149.26	0.9978	149.5905952	0.27	0.050°
		300	303.02	1.0112	299.657839	0.11	0.050°
		600	599.8	1.0002	599.668073	0.06	0.050°
	2S1-2S2 1 Amp	150	150.01	0.99947	150.0895475	-0.06	0.13°
		300	300.29	0.99976	300.3620869	-0.12	0.06°
		600	599.82	0.99932	600.2281551	-0.04	0.05°
	3S1-3S2 1 Amp	150	150.01	0.9990	150.1601602	-0.11	0.09°
		300	299.85	0.9991	300.1110967	-0.04	0.09°
		600	599.8	0.9993	600.2081415	-0.03	0.05°



3.3.3 Medición de resistencia de devanados

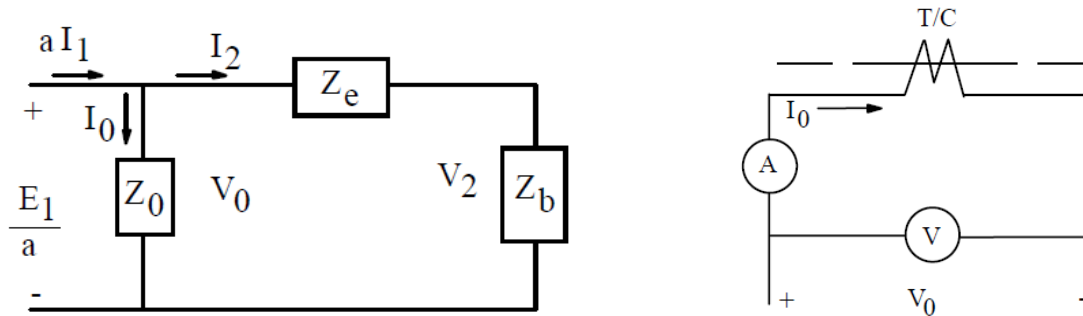
RESULTADOS DE PRUEBA

FASES	Resultados	Devanados Secundarios								
		1S1-1S2	1S1-1S3	1S1-1S4	2S1-2S2	2S1-2S3	2S1-2S4	3S1-3S2	3S1-3S3	3S1-3S4
2006381901/1 "R"	Corriente DC (A)	0.8285470	2.3981930	2.4899520	1.0946680	1.0534930	0.9879090	1.0944100	1.0528650	0.9869330
	Voltaje DC (V)	0.5201456	3.0674994	6.65724039	1.16835332	2.26783037	4.34447813	1.17165613	2.26842141	4.34493685
	Resist. Med (Ω)	0.62777817	1.2790894	2.67364421	1.06731097	2.15268337	4.39764564	1.07058241	2.15451233	4.40247718
	Desviación (%)	0.001	0.024	0.033	0.002	0.002	0.008	0.003	0.005	0.008
	Tiempo (Seg.)	58.00	36.00	38.00	22.00	24.00	25.00	27.00	25.00	31.00
2006381901/2 "S"	Corriente DC (A)	0.8277260	0.8272190	0.8346900	1.0951450	1.0546720	0.9900970	1.0929590	1.0546740	0.9907180
	Voltaje DC (V)	0.51656109	1.05459321	2.23901272	1.16648412	2.26185226	4.34189177	1.16711044	2.26440072	4.34915018
	Resist. Med (Ω)	0.62406956	1.27486424	2.68244821	1.0651461	2.14460665	4.38530633	1.06784365	2.14702296	4.38988836
	Desviación (%)	0.006	0.006	0.009	0.003	0.006	0.008	0.001	0.007	0.007
	Tiempo (Seg.)	25.00	26.00	25.00	31.00	26.00	25.00	23.00	26.00	27.00
2006381901/3 "T"	Corriente DC (A)	0.8258670	0.8282950	0.8429550	1.1106010	1.0706040	1.0078690	1.1112760	1.0705990	1.0082840
	Voltaje DC (V)	0.51963383	1.06110919	2.27023458	1.1947639	2.31714535	4.45951271	1.20436358	2.33143187	4.47933388
	Resist. Med (Ω)	0.62919564	1.28108416	2.69320197	1.07578237	2.16434271	4.42469039	1.08376251	2.17768718	4.44254959
	Desviación (%)	0.003	0.004	0.009	0.001	0.006	0.007	0.001	0.004	0.007
	Tiempo (Seg.)	26.00	27.00	27.00	33.00	25.00	27.00	26.00	27.00	33.00



3.3.4 Prueba de Saturación

Circuito equivalente del transformador de corriente



Premisas:

- La relación de transformación de corriente es constante hasta llegar a una zona de saturación.
- En un núcleo de protección de Clase 5P20 el punto de saturación es aquel donde se produce un 5% de error a 20 veces la corriente nominal con una carga ó burden nominal
- Determinar el punto de saturación no es posible a través de inyección de corriente.
- El valor de sobrecorriente en el secundario genera una caída de voltaje en la carga conectada. Si se despreciara el valor de Z_e , el voltaje en la carga sería la misma que en el circuito de magnetización

Conclusiones

- Otra forma de determinar el punto de saturación sería a través de la inyección de voltaje en el circuito secundario del transformador hasta un valor equivalente al que produciría una sobrecorriente con una carga ó burden nominal
- Si la carga conectada es mayor que el burden el núcleo se satura mas rápido , caso contrario el punto de saturación es mayor.



3.3.4 Prueba de Saturación

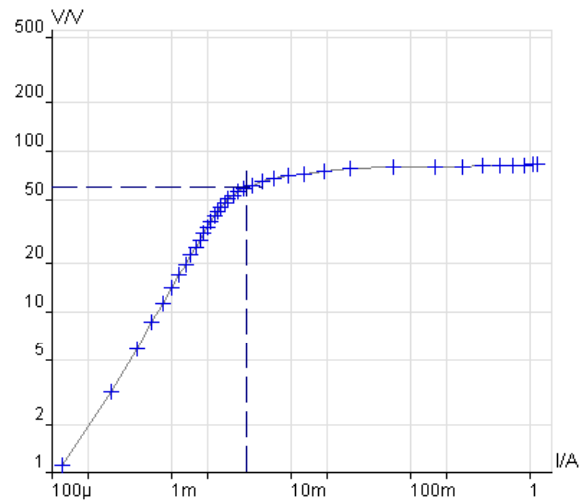
DATOS DE PLACA DE TC

- Marca	PFIFFNER
- País	ALEMANIA
- Tipo:	JOE 36T
- N° de serie:	R : 2007 4 200.02/04 S : 2007 4 200.02/05 T : 2007 4 200.02/06
- Máxima Tensión del Equipo	36 kV
- Tensión a Frecuencia Industrial (1min.)	70 kV
- Nivel Básico de Aislamiento:	170 kV - BIL
- Relación de Transformación	100-200/1/1/1 Amp Núcleo 1.: 1S1-1S3; Clase 0.2, 20-40 VA Núcleo 2.: 2S1-2S3; Clase 5P20, 20-40 VA Núcleo 3.: 3S1-3S3; Clase 5P20, 20-40 VA
- Corriente Térmica (1seg)	31.5 kA
- Corriente Dinámica (pico)	80 kA
- Año de fabricación:	2008



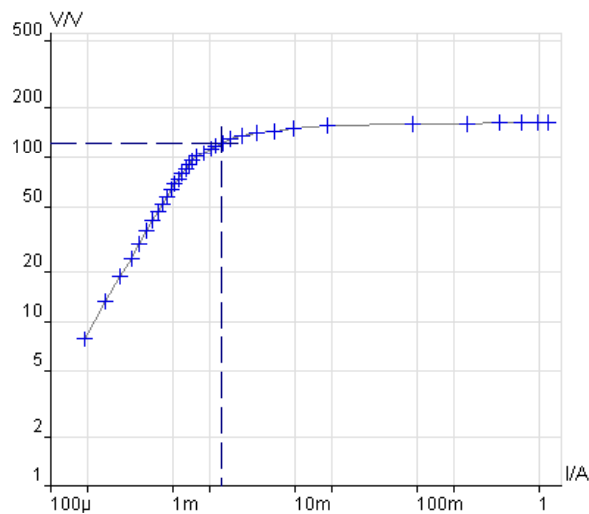
3.3.4 Prueba de Saturación

RESULTADOS DE PRUEBA



Núcleo Medición "R"
1S1-1S2 (100 Amp)

Vsat. = 59.42 Volt
Isat. = 4.3190 mA



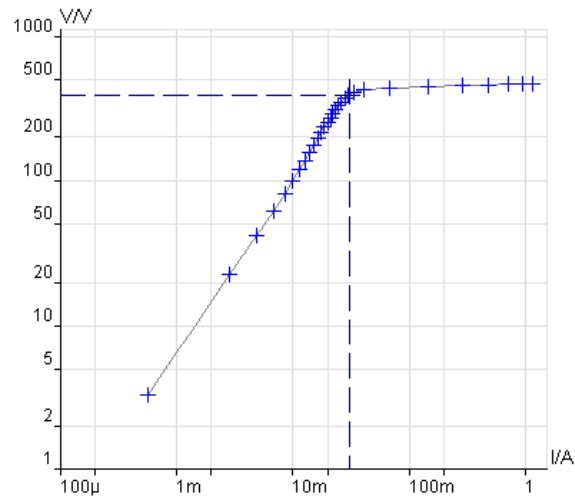
Núcleo Medición "R"
1S1-1S3 (200 Amp)

Vsat. = 122.65 Volt
Isat. = 2.5280 mA



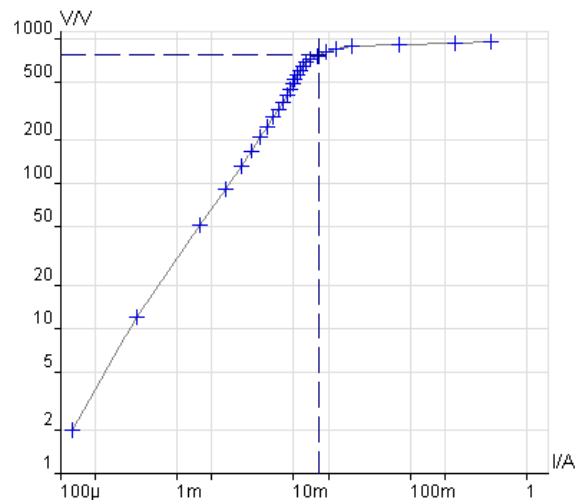
3.3.4 Prueba de Saturación

RESULTADOS DE PRUEBA



Núcleo Protección "R"
2S1-2S2 (100 Amp)

Vsat. = 390.88 Volt
Isat. = 30.746 mA



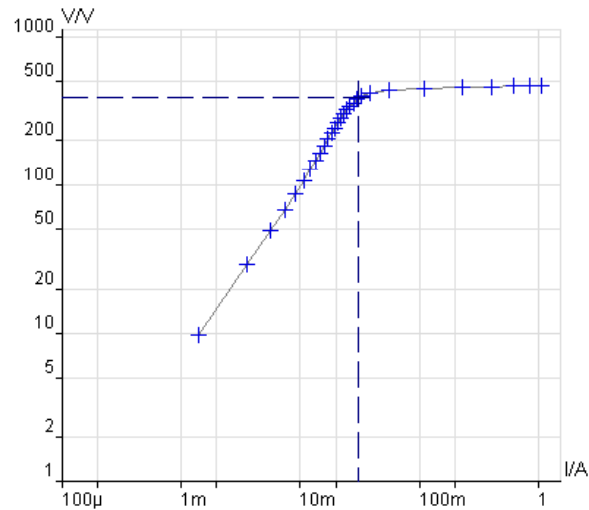
Núcleo Protección "R"
2S1-2S3 (200 Amp)

Vsat. = 772.31 Volt
Isat. = 16.618 mA



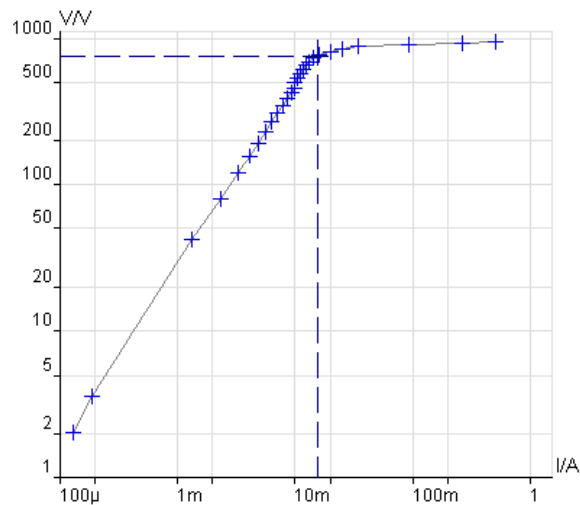
3.3.4 Prueba de Saturación

RESULTADOS DE PRUEBA



Núcleo Protección "R"
3S1-3S2 (100 Amp)

Vsat. = 388.09 Volt
Isat. = 30.864 mA



Núcleo Protección "R"
3S1-3S3 (200 Amp)

Vsat. = 757.30 Volt
Isat. = 15.564 mA



3.3.5 Medición de Resistencia de Aislamiento

RESULTADOS DE PRUEBA

Transformador de Corriente	Bomes	Tensión de Prueba	Tiempo de prueba (seg)	Resistencia de Aislamiento Pruebas GΩ (22.07.2007)		
				R	S	T
TC-4086	Baja - Tierra	500	60	1.61	3.12	2.95
	1S1-2S1	500	60	13.70	14.90	3.88
	1S1-3S1	500	60	13.40	15.00	51.70
	1S1-4S1	500	60	12.50	13.20	75.00
	2S1-3S1	500	60	81.60	15.90	8.69
	2S1-4S1	500	60	89.60	22.70	47.00
	3S1-4S1	500	60	95.60	55.90	3.67



3.4 Transformador de Tensión

Pruebas Eléctricas

3.4.1 Prueba de Factor de Potencia y medición de capacitancias



3.4.2 Medición de Relación de transformación



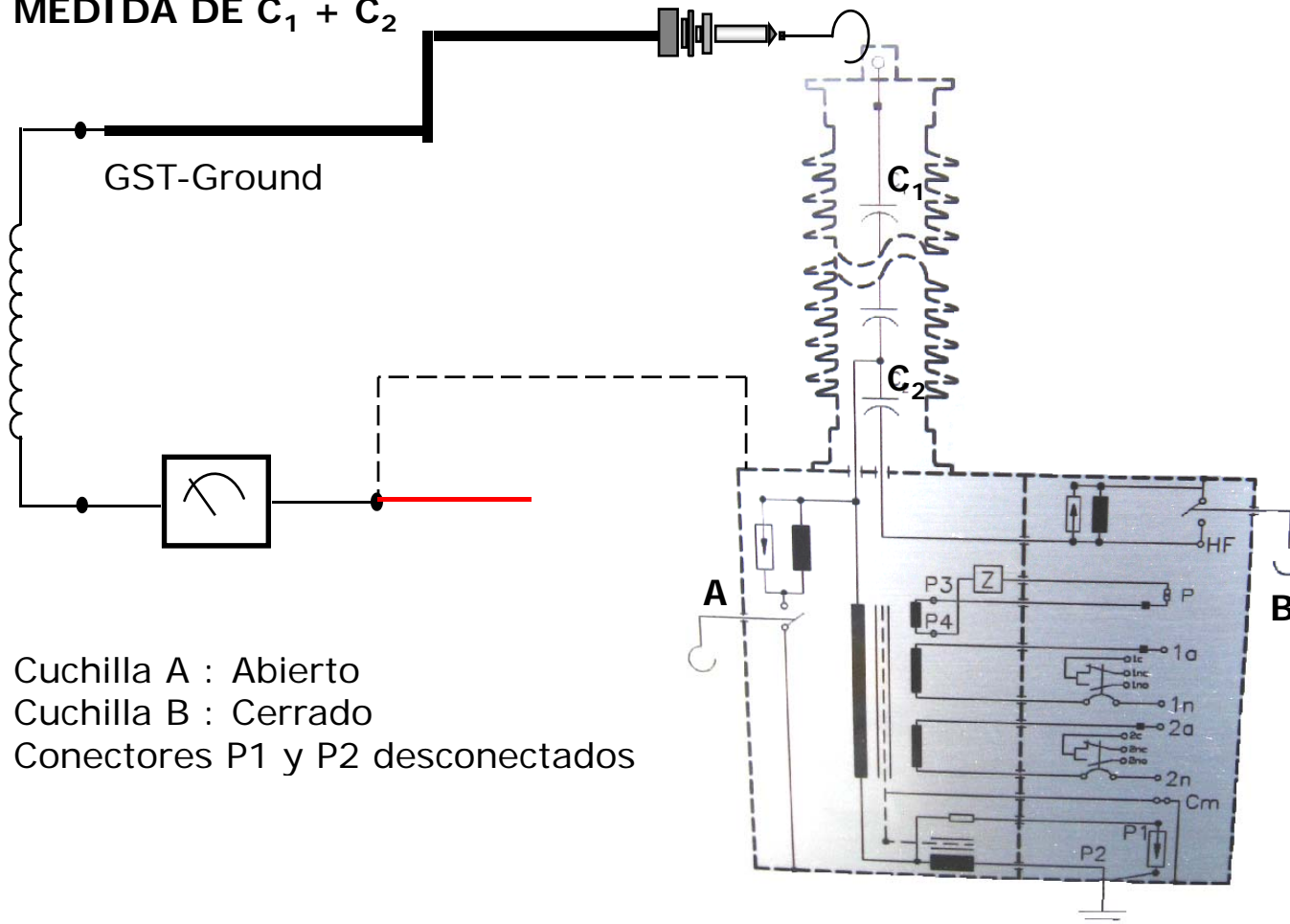
3.4.3 Prueba de resistencia de aislamiento



3.4.1 Prueba de Factor de Potencia y medición de capacitancias

PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS – TT CAPACITIVO

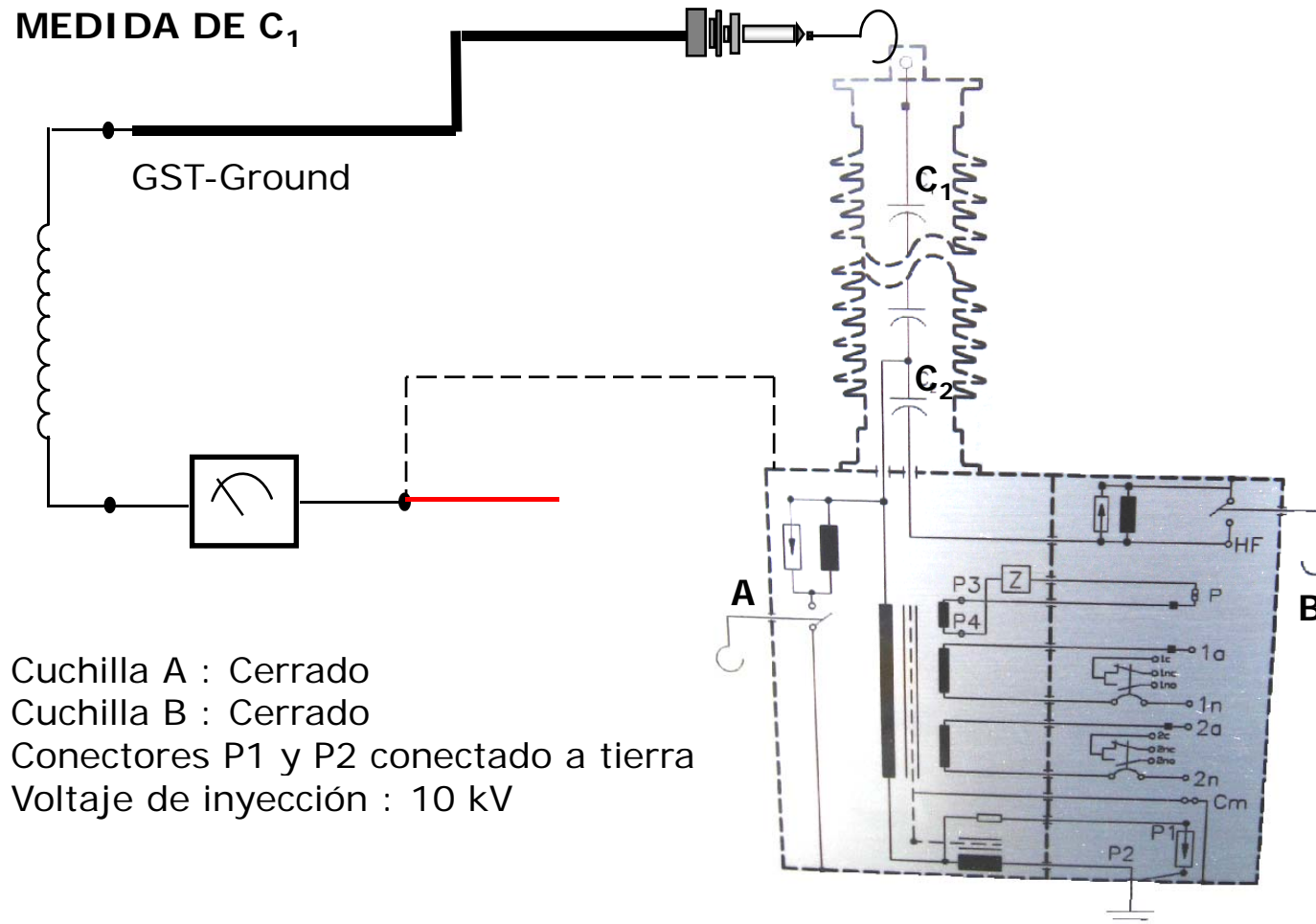
MEDIDA DE $C_1 + C_2$



Cuchilla A : Abierto
Cuchilla B : Cerrado
Conectores P1 y P2 desconectados

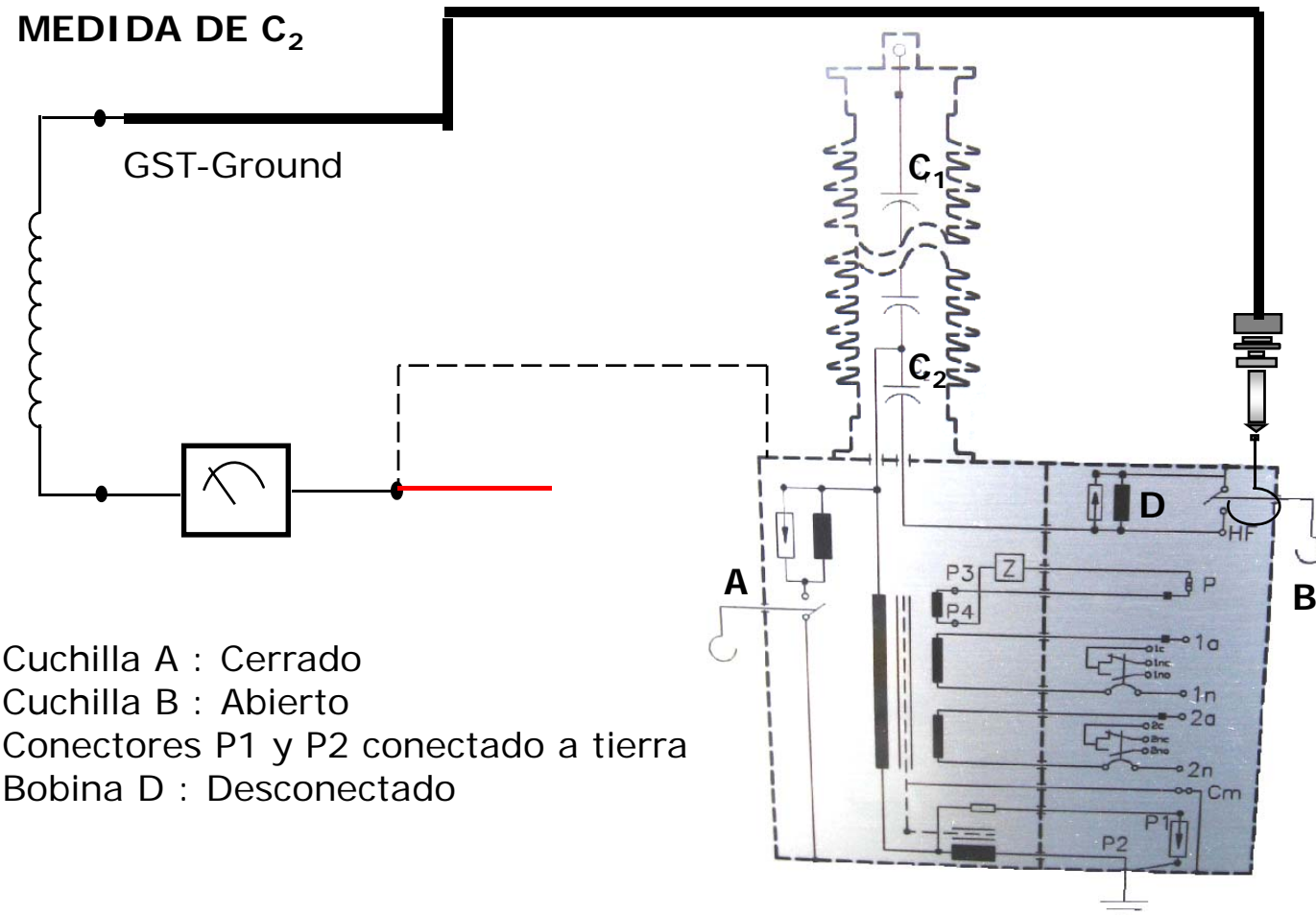
3.4.1 Prueba de Factor de Potencia y medición de capacitancias

PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS – TT CAPACITIVO



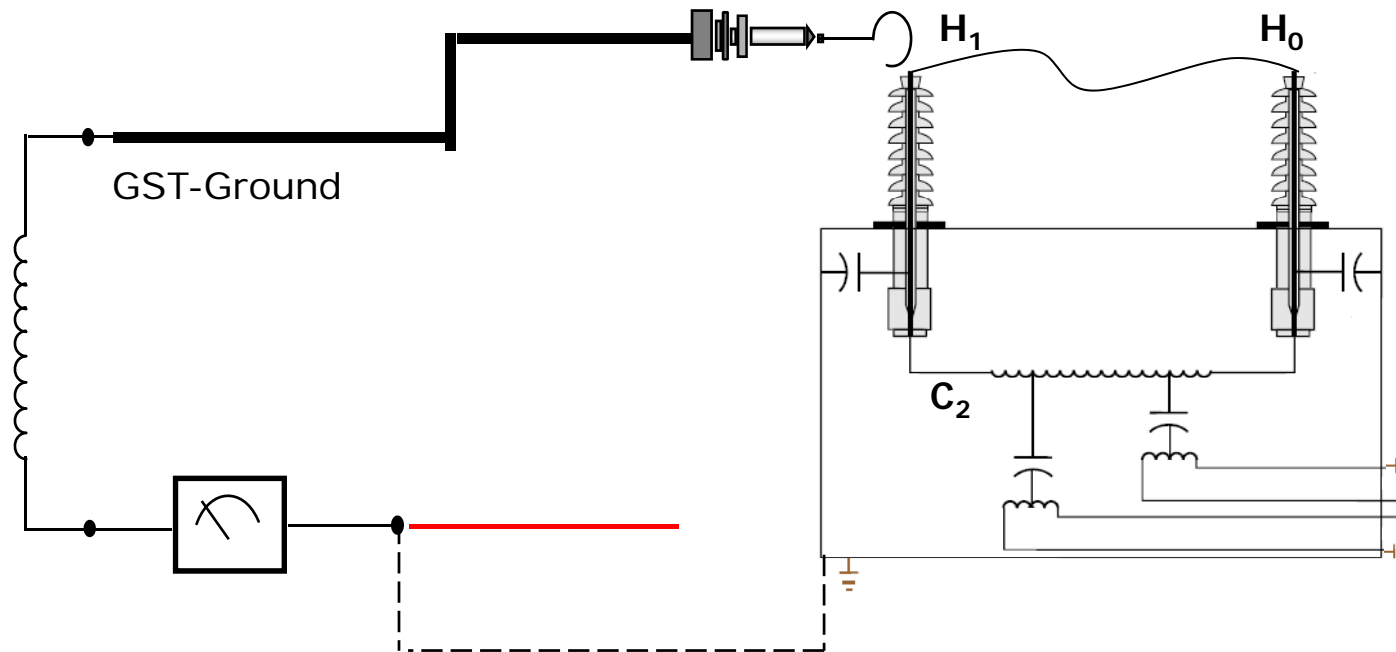
3.4.1 Prueba de Factor de Potencia y medición de capacitancias

PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS – TT CAPACITIVO



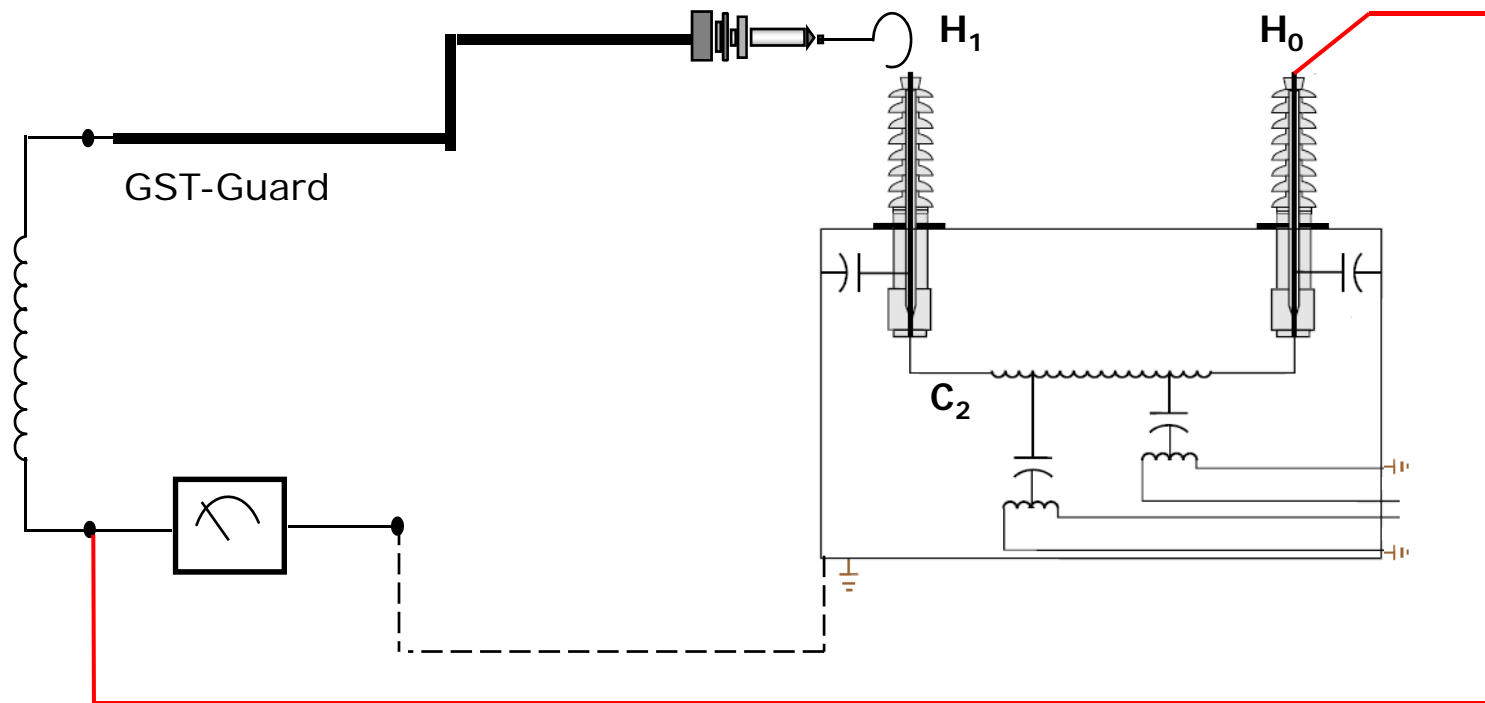
3.4.1 Prueba de Factor de Potencia y medición de capacitancias

PREPARACIÓN DE LAS PRUEBAS – TT INDUCTIVO (GENERAL)



3.4.1 Prueba de Factor de Potencia y medición de capacitancias

MODOS DE PRUEBA – TT INDUCTIVO (CRUZADA H_1)

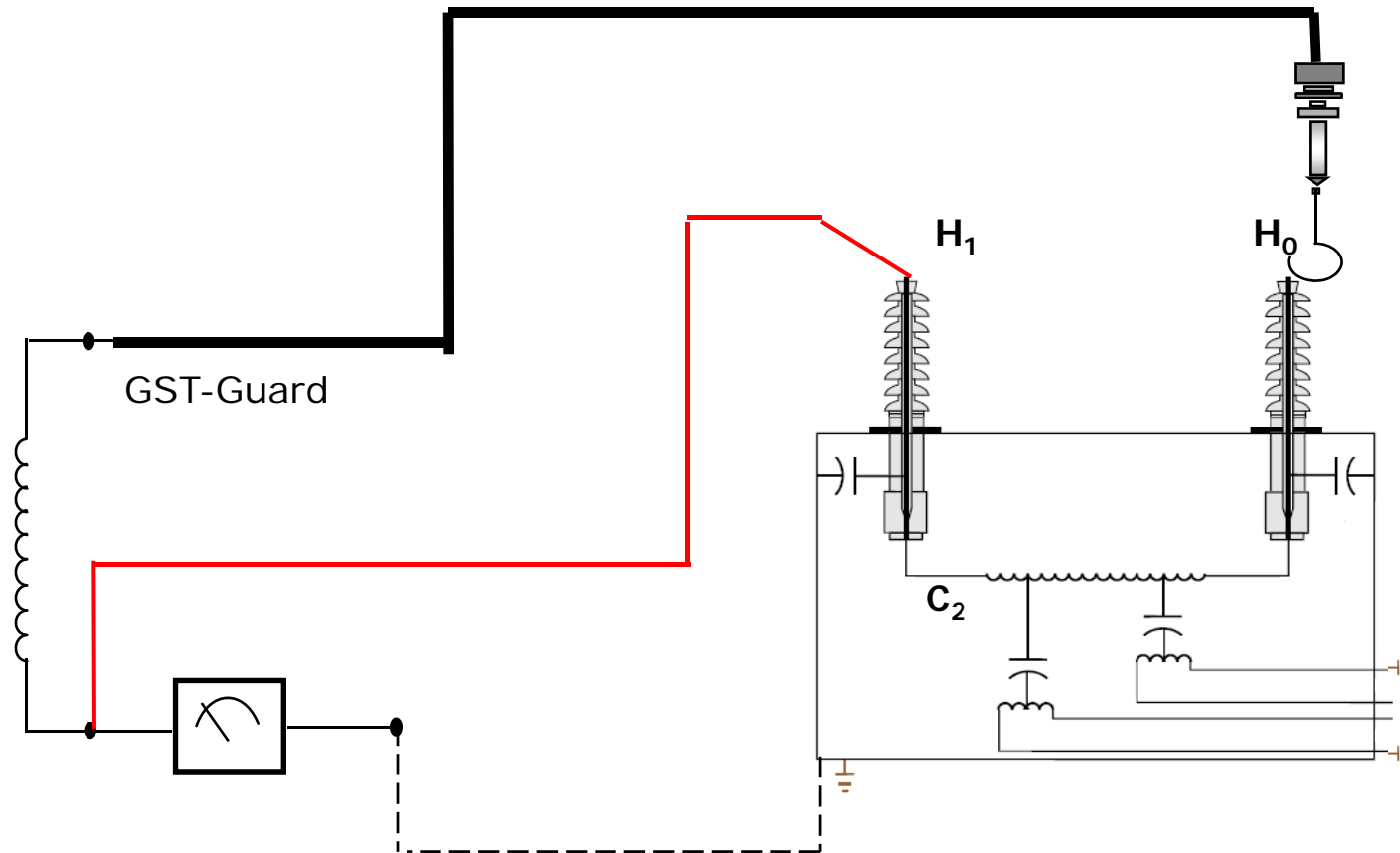


Las pruebas cruzadas permiten verificar de que lado se produce la contaminación



3.4.1 Prueba de Factor de Potencia y medición de capacitancias

MODOS DE PRUEBA – TT INDUCTIVO (CRUZADA H_0)



Las pruebas cruzadas permiten verificar de que lado se produce la contaminación



3.4.1 Prueba de Factor de Potencia y medición de capacitancias

RESULTADOS DE PRUEBA – TT CAPACITIVO

Resultados de Prueba

No	ID Prueba	C Desc. L Circ.	kV	mA	Watts	Med. %FP	Corr. Fctr	Corr. %FP	Cap./ Ind.	R T
1	Cn - 661168402	A TIERRA-RA	10.00	45.981	1.208	0.263	1.00	0.263	12196.69	pF
2	C1	A TIERRA-RA	10.00	58.709	0.712	0.121	1.00	0.121	15572.59	pF
3	C2	A TIERRA-RA	2.000	206.826	2.602	0.126	1.00	0.126	0.05486	uF
4	Cn - 661168401	A TIERRA-RA	10.00	46.245	1.239	0.268	1.00	0.268	12266.73	pF
5	C1	A TIERRA-RA	10.00	59.198	0.777	0.131	1.00	0.131	15702.42	pF
6	C2	A TIERRA-RA	2.000	206.127	2.331	0.113	1.00	0.113	0.05468	uF
7	Cn - 661168403	A TIERRA-RA	10.00	46.625	1.398	0.300	1.00	0.300	12367.46	pF
8	C1	A TIERRA-RA	10.00	59.558	0.905	0.152	1.00	0.152	15797.89	pF
9	C2	A TIERRA-RA	2.000	208.970	2.733	0.131	1.00	0.131	0.05543	uF

RESULTADOS DE PRUEBA – TT INDUCTIVO

Test Results

No	Serial No. / Test ID	L Circ. C Desc.	kV	mA	Watts	Meas. %PF	Corr. Fact.	Corr. %PF	Cap./ Ind.	R T
1	T OVERALL	A GND-RB	2.000	2.158	0.081	0.37	0.60	0.22	572.5	pF
2	T CROSS H1	A GAR-B	10.00	0.797	0.028	0.35	0.60	0.21	211.4	pF
3	T CROSS H0	A GAR-B	2.000	1.431	0.062	0.44	0.60	0.26	379.7	pF
4	S OVERALL	A GND-RB	2.000	2.109	0.075	0.35	0.60	0.21	559.4	pF
5	S CROSS H1	A GAR-B	10.00	0.752	0.025	0.33	0.60	0.20	199.4	pF
6	S CROSS H0	A GAR-B	2.000	1.308	0.057	0.43	0.60	0.26	347.0	pF
7	R OVERALL	A GND-RB	2.000	2.181	0.096	0.44	0.60	0.26	578.5	pF
8	R CROSS H1	A GAR-B	10.00	0.775	0.031	0.41	0.60	0.25	205.5	pF
9	R CROSS H0	A GAR-B	2.000	1.372	0.074	0.54	0.60	0.32	364.0	pF



3.4.2 Medición de Relación de Transformación

RESULTADOS DE PRUEBA

Nº Serie	Conexión	Voltaje inyec.	Valor Medido	Rel. Transf.	Valor Teórico	Rel. Transf.	Clase Prec.	Error
CVT Probados	Dev BT	AT (Volt.)	Dev. BT (Volt.)	Medido	Dev. BT (Volt.)	Teórico	%	%
661168401	1a-1n	10000	16.344	611.85	16.667	600	0.5	-1.936
661168401	2a-2n	10000	16.348	611.70	16.667	600	3P	-1.912
661168402	1a-1n	10000	16.340	612.00	16.667	600	0.5	-1.96
661168402	2a-2n	10000	16.343	611.88	16.667	600	3P	-1.942
661168403	1a-1n	10000	16.352	611.55	16.667	600	0.5	-1.888
661168403	2a-2n	10000	16.353	611.51	16.667	600	3P	-1.882



3.5 Pararrayos

Pruebas Eléctricas

5.1 Medición de pérdidas dieléctricas y corriente de fuga

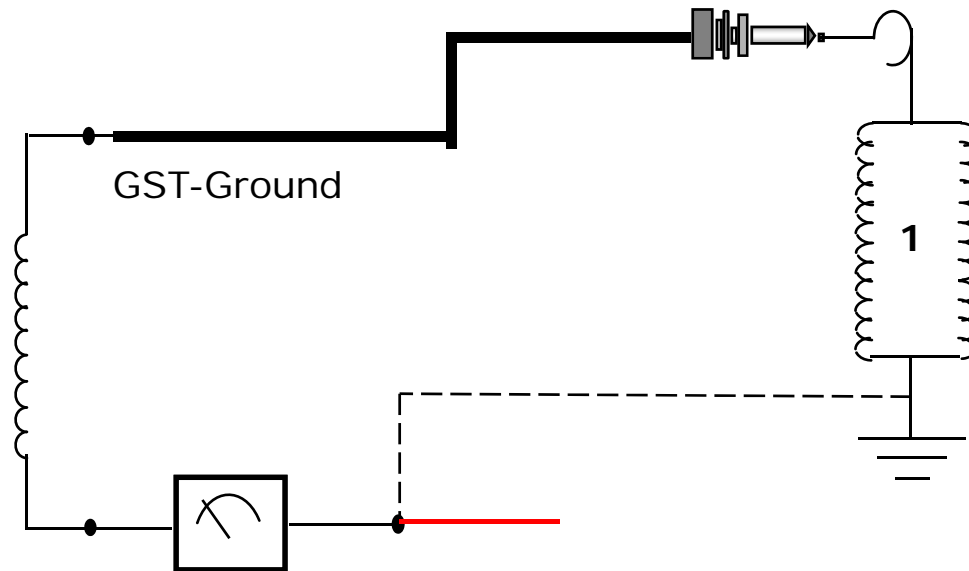


5.2 Prueba de resistencia de aislamiento



3.5.1 Medición de pérdidas dieléctricas y corrientes de fuga

MODO DE PRUEBA – PARARRAYO DE 01 CUERPO



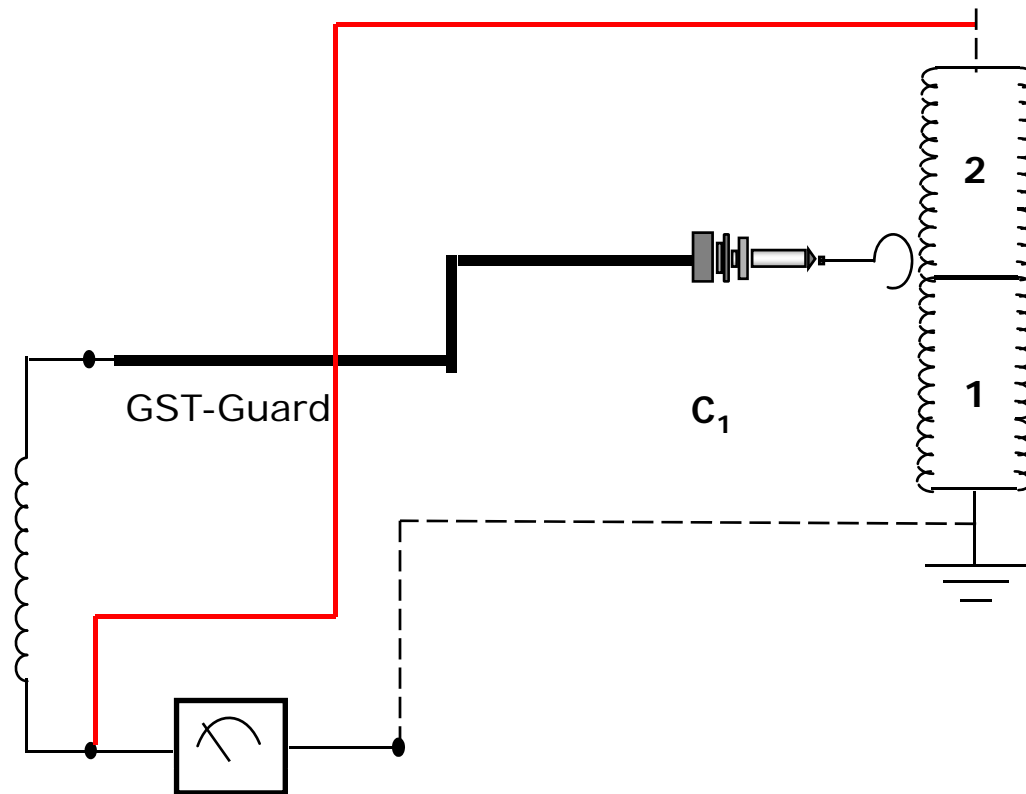
Si el Pararrayo cuenta con contador de descarga este debe ser puenteado antes de la prueba




3.5.1 Medición de pérdidas dieléctricas y corrientes de fuga

MODO DE PRUEBA – PARARRAYO DE 02 CUERPOS

MEDIDA DEL CUERPO 1

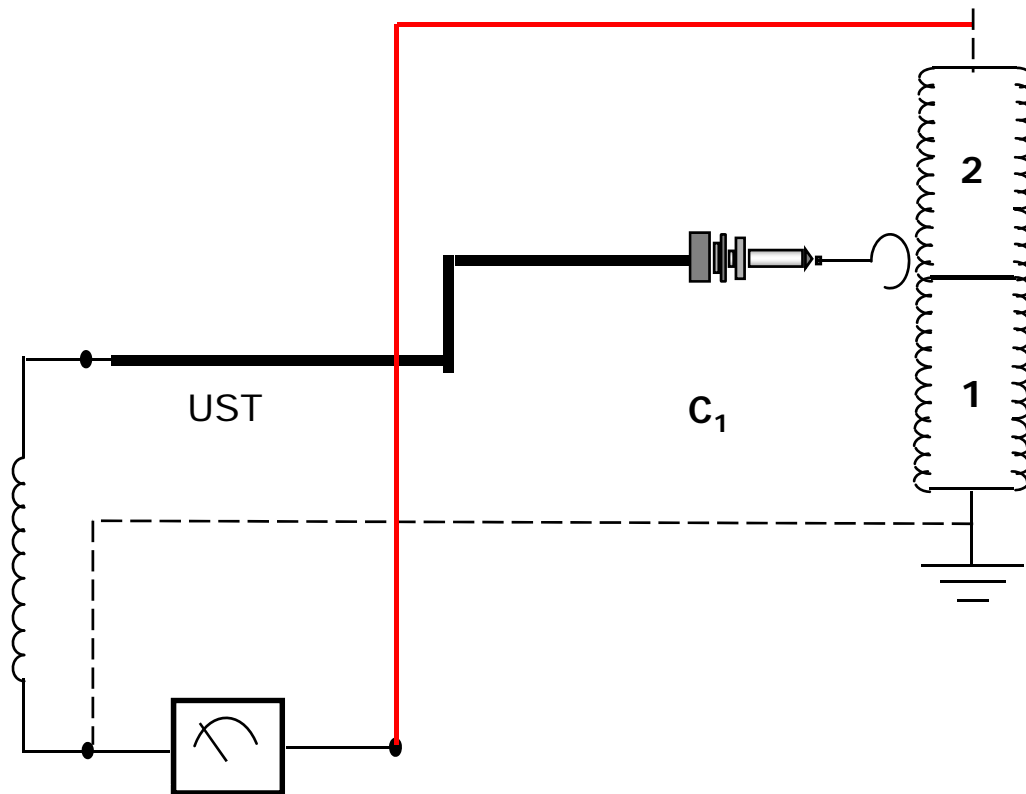


Si el Pararrayo cuenta con contador de descarga este debe ser puenteado antes de la prueba 

3.5.1 Medición de pérdidas dieléctricas y corrientes de fuga

MODO DE PRUEBA – PARARRAYO DE 02 CUERPOS

MEDIDA DEL CUERPO 2



Si el Pararrayo cuenta con contador de descarga este debe ser puenteado antes de la prueba



3.5.1 Medición de pérdidas dieléctricas y corrientes de fuga

DATOS DE PLACA DE PARARRAYOS

- Marca:	COOPER
- Tipo:	OZn
- Modelo:	Varistar
- Nº de serie:	
- Clase de línea de descarga	3
- Tensión nominal:	192 kV
- MCOV	156 kV
- Año de Fabricación:	199
- Contador de descarga:	Si
- Nº de Cuerpos:	02
- Corriente nominal de descarga	10 kAmp
- Alivio de Presión	63 kAmp



3.5.1 Medición de pérdidas dieléctricas y corrientes de fuga

RESULTADO DE PRUEBAS

Resultados de Prueba											
No	ID	Prueba	C Desc. L Circ.	kV	mA	Watts	Med. %FP	Corr. Fctr	Corr. %FP	Cap./ Ind.	R T
1	PL2-FASE	T Superior	A UST-R	10.00	0.091	0.028		1.00		24.00	pF
2	PL2-FASE	T Inferior	A GUARDA-R	10.00	0.194	0.033		1.00		51.44	pF
3	PL2-FASE	S Superior	A UST-R	10.00	0.093	0.031		1.00		24.54	pF
4	PL2-FASE	S Inferior	A GUARDA-R	10.00	0.188	0.038		1.00		49.83	pF
5	PL2-FASE	R Superior	A UST-R	10.00	0.093	0.032		1.00		24.54	pF
6	PL2-FASE	R Inferior	A GUARDA-R	10.00	0.187	0.039		1.00		49.70	pF



3.5.1 Medición de pérdidas dieléctricas y corriente de fuga

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Los resultados deben compararse con los obtenidos en pruebas anteriores y así determinar su tendencia, asimismo deben compararse entre fases.
- En pararrayos > 30 kV, las pérdidas son bajas con resultados que varían entre 0.001 y 1watt.
- En pararrayos < 30 kV, las pérdidas son mayores con resultados que varían entre 0.001 y 13.0 watts.
- Si el pararrayos de una de las fases se encuentra defectuosa se recomienda efectuar el cambio en las 03 fases, de no ser posible se deberá reemplazar con una unidad del mismo tipo, con las mismas características técnicas.
- Existen equipos que miden la corriente de fuga resistiva I_r en servicio, por medio de una pinza amperimétrica que mida la corriente de 3er armónico resistiva I_{3r} (que fluye al interior del pararrayos) y la corriente capacitiva I_{3c} (producida por la influencia de la celda energizada) ésta última es medida adicionalmente por una antena y restada del valor medido por la pinza obteniéndose I_{3r} la cual representa entre un 10 a 40% de I_r dependiendo de la tensión de operación y la temperatura en el momento de la prueba. Existe un I_{rmax} (dato de fabricante) el cual no debe ser excedido, ya que cualquier cambio de esta corriente modifica la característica V-I del pararrayos.



FIN